

**EL AGUA SUBTERRANEA EN LA PAMPA DEL
TAMARUGAL Y MORFOLOGIA GENERAL DE TARAPACA**

DR. JUAN BRÜGGEN

EL AGUA SUBTERRANEA
EN LA
PAMPA DEL TAMARUGAL
Y
MORFOLOGIA GENERAL DE
TARAPACA



IMPRESA UNIVERSITARIA
ESTADO 63 :-: 1936 :-: SANTIAGO

La publicación, que me permito presentar en las líneas siguientes, contiene los resultados de un estudio del agua subterránea que me encargó el Departamento de Riego del Ministerio de Fomento. Le agregué también numerosas observaciones recolectadas en varios viajes hechos por encargo del mismo Departamento, en que visité los tranques de Pachica, Caritaya y otros puntos donde se había proyectado construir embalses de lagunas.

CONTENIDO

Introducción.

- I.—Historia Geológica de Tarapacá.
 - II.—Geología de la Pampa del Tamarugal.
 - a) La parte septentrional.
 - b) La parte Sur.
 - 1) Los sedimentos modernos en la Pampa.
 - 2) Los sondajes hechos en la Pampa del Tamarugal.
 - III.—El agua Subterránea en la Pampa del Tamarugal.
 - a) Al norte de Zapiga.
 - b) Los pozos de agua de la Pampa.
 - 1) Entre Zapiga y Pozo Almonte.
 - 2) En los salares de Pintados y Bellavista.
 - 3) Relaciones y origen de las diferentes clases de agua.
 - 4) Las lluvias de la Alta Cordillera y su escurrimiento.
 - 5) La captación del agua.
- Apéndice I.—Lista de los pozos de agua de la región salitrera.
Apéndice II.—Análisis de aguas de Tarapacá.
Apéndice III.—Las lluvias en la Alta Cordillera.

INTRODUCCIÓN

La repartición de las corrientes de agua subterránea depende, en primera línea, de la estructura geológica del subsuelo. Por esto, debemos estudiar primero los rasgos de la geología de Tarapacá para poder formarnos una idea correcta sobre el agua subterránea que se explota en numerosos pozos por las salitreras y que, en pequeña escala, se aprovecha también para la agricultura.

Morfológicamente se divide la provincia de Tarapacá en tres regiones de diferente aspecto y de distinta composición geológica.

En el Oeste se halla la Cordillera de la Costa, cuyas alturas no suben de 2,000 m. Constituye un bloque enorme que se levanta con declive abrupto del mar hasta una altura de 500 a 800 m. La superficie del bloque presenta largos cordones de cerros entre los cuales se intercalan extensas planicies, los llamados «bolsones», que tienen un relleno de centenares de metros formados por rodados de desierto. La falda oriental de la Cordillera de la Costa es de declive menos pronunciado que la falda occidental; en gran extensión el bloque de la costa desciende con pocos grados de declive y desaparece en forma insensible debajo de los sedimentos modernos de la Pampa del Tamarugal.

La Pampa del Tamarugal constituye un largo valle longitudinal de unos 30 a 40 kms. de ancho que, a primera vista, parece tener una superficie enteramente plana. Pero el suelo sube en forma pronunciada hacia el Este; otro declive, que solamente puede deducirse de las alturas indicadas en el mapa, es de N. a S. La mayor parte de la Pampa del Tamarugal está cubierta por sedimentos modernos depositados por los esteros de la alta Cordillera.

En gran extensión, la Cordillera de los Andes se levanta en forma insensible debajo de los sedimentos modernos de la Pampa. Su falda occidental constituye un gran plano inclinado que sube desde los 1,100 m. hasta

los 4,000 m. Encima de este plano inclinado se elevan aislados cordones de cerros compuestos por rocas fundamentales, de edad anterior al plegamiento de la cordillera. Y encima de la altiplanice de 4,000 m. constituída por la continuación del plano inclinado, se levantan los grandes volcanes del norte.

I.—LA HISTORIA GEOLÓGICA DE TARAPACÁ.

La división del Norte en Cordillera de la Costa, Valle Longitudinal y Cordillera de los Andes es relativamente moderna. En la época mesozoica, en el Jurásico y el Cretáceo inferior, toda la región era fondo del mar, como lo comprueban los numerosos fósiles marinos que se hallan en las rocas calcáreas, como en la región de Zapiga, en Tiliviche, en el cerro Longacho al norte de Pica, o en Santa Rosa y Huantajaya, cerca de Iquique. La fauna fósil de los últimos dos puntos es característica para el Dogger, o sea el Jurásico medio. En Zapiga no encontré fósiles, pero en la angostura que tiene la quebrada de Tiliviche, a la entrada de la Cordillera de la Costa, a unos 3 kms. al poniente de las casas de la hacienda, aparecen calizas duras de color gris debajo de areniscas de grano fino. Las calizas contienen gran cantidad de nódulos parecidos a concreciones. Donde la superficie de estos nódulos está un poco atacada por la descomposición, se ve que corresponden a colonias de corales pertenecientes al género *Leptoria*, lo que indicaría edad cretácea para las capas.

Los sedimentos marinos normales, como calizas y areniscas, constituyen una excepción; la mayor parte de las rocas mesozoicas pertenecen a la llamada «Formación Porfirítica», que se compone de lavas y tobas porfiríticas y de los productos de destrucción de estas rocas como conglomerados, brechas y areniscas porfiríticas.

Todas estas rocas sufrieron un fuerte plegamiento en el cretáceo medio, tanto en la región de la costa como en la zona andina. Con este plegamiento se formó una sola ancha serranía que se extendía desde la Cordillera de los

Andes hasta mucho más allá de la costa actual. El rumbo que recibieron las capas, parece haber sido bastante irregular. Porque, fuera del rumbo andino, que es N. S., se observan en muchos puntos direcciones muy excepcionales. Así, en la angostura mencionada de Tiliviche, hay rumbo N. 40° E. y manteo 45° NW. En las calizas de Zapiga, en el borde de la Cordillera de la Costa, observé rumbo E. W. y manteo 30° N.; este rumbo tan anormal puede seguirse por mayor extensión en esa región. Lo encontramos aún al Sur de Iquique, en la costa, donde en Los Verdes, al Sur de la Pta. Gruesa, se observa rumbo N. 70° E. y manteo de 30° hacia el Norte en rocas porfiríticas. También al Sur de Antofagasta, en el curso superior de la quebrada del Guay, que desemboca un poco al Norte de Caleta Coloso, hay un gran cordón de rocas calizas del cretáceo que tienen rumbo N. 65° E. y manteo de 30 a 35° hacia el S. E.

Junto con el plegamiento se habrán producido las intrusiones de los macizos granodioríticos como en Copaquire, en el nacimiento de la quebrada de Huatacondo, en Macaya, situado al sur de Mamiña. La Cordillera de la Costa del Norte se distingue de su continuación austral por el número reducido de intrusiones granodioríticas. Hasta ahora conozco solamente un macizo grande en la región de Pisagua, otro de reducida extensión al Norte de Iquique, donde se explotaron las piedras para la construcción del puerto. Además hay un macizo atravesado por el río Loa, unos 3 kms. arriba de su desembocadura, y un macizo muy grande, que se extiende desde la Punta Blanca, situada al Sur de Guanillos, hasta la región de Chucumata. Pero solamente el borde oriental de este macizo aparece constituyendo las puntas salientes de la costa, la mayor parte de este gran macizo se halla bajo el mar. En muchas partes, como en la Punta Patillos, etc., se observan bonitas inyecciones del magna en las rocas metamorfas de la formación porfirítica. Es éste el único macizo granodiorítico que, por sus dimensiones, puede compararse con los granitos costaneros de Chile central.

En el cretáceo superior y en el terciario inferior, la Cordillera que se extendía según vimos, desde Bolivia hasta más allá de la costa actual, sufría una fuerte denudación que la redujo a un lomaje bajo. En el terciario inferior, se produjeron fuertes dislocaciones en fallas de rumbo N. S., resultando largas cadenas de la misma dirección. Por las fallas resultaron bloques inclinados que presentaron un fuerte declive hacia el E., descendiendo con poco declive hacia el Oeste, tal como puede observarse todavía hoy día al Este del Morro de Tarapacá. Las dislocaciones eran contemporáneas con las fallas que, más al Sur, dislocaron los mantos de carbón de Arauco, donde produjeron la misma clase de dislocaciones.

Con estas dislocaciones debe haber terminado también el clima de la región nortina, que hasta el terciario inferior había sido de lluvias regulares y que se puso muy seco para todo el resto del terciario. Esto tuvo como consecuencia que los esteros y ríos intermitentes ya no eran capaces de llevar sus sedimentos hasta el mar; sino los acumularon en las depresiones que había entremedio de los cordones y que se rellenaron hasta alturas considerables dando origen a los extensos bolsones, que son tan característicos para el actual paisaje de la costa del Norte.

En el terciario medio, en el mioceno, la región andina era teatro de enormes erupciones volcánicas, cuyos productos se nos presentan hoy día como los miles de metros de la *Formación Liparítica*. De largas grietas situadas en la alta cordillera, cerca del límite con Bolivia, salieron inmensas cantidades de lavas y tobas liparíticas, que se extendieron hacia los dos lados, tanto hacia la región de la actual altiplanicie de Bolivia, como hacia el Oeste. Las lavas rellenaron especialmente los valles y depresiones y, junto con los rodados y arenas, cubrían los cerros hasta alturas de muchos centenares de metros, de modo que la mayor parte de las serranías antiguas quedaron cubiertas por las lavas y solamente las cumbres más altas se levantaron como islas encima del mar de las enormes lavas incandescentes. Cada una de estas corrientes

habrá tenido una superficie de centenares de kilómetros cuadrados. El espesor de las lavas habrá sido de varias decenas de metros cerca de su punto de salida; pero a mayor distancia bajó a pocos metros. Hacia el Oeste, las lavas alcanzaron un poco más allá del actual pie de la alta Cordillera; pero en dirección N. S. se extienden sin interrupción desde Arica hasta el interior de Copiapó.

La composición de la formación liparítica puede estudiarse en los profundos cortes de las quebradas andinas, especialmente en las de Tarapacá, Aroma, Tana, etc. En Aroma se trata de más de 1,000 metros compuestos por conglomerados y areniscas poco duras con intercalaciones de arcillas; y entre estos sedimentos yacen las lavas liparíticas que, en Pintanani, alcanzan 50 m. de espesor. Tanto las areniscas como los conglomerados se componen preferentemente de material que proviene de la destrucción de las liparíticas situadas cerca del punto de erupción.

La formación terciaria termina hacia arriba con un conglomerado oscuro de muchas decenas de metros de espesor que se caracteriza por tener gran cantidad de rodados de lavas oscuras de material traquiandesítico. Estas lavas provienen de antiguos volcanes sobrepuestos a la formación liparítica, como el cerro Mamuta, Guachane, Tolompa, etc. Son volcanes muy destruidos por la denudación que, en parte, representan verdaderas ruinas cuyo origen volcánico puede saberse solamente al estudiar la estructura interior de los cerros. De ellos se han desprendido grandes corrientes de lavas, de muchos kilómetros cuadrados de superficie, aunque de dimensiones más reducidas que las lavas liparíticas.

El enorme relleno de los valles infraterciarios de la alta Cordillera puede explicarse solamente por un estancamiento de la parte inferior de estos valles. Y este estancamiento se produjo debido al primer solevantamiento de la Cordillera de la Costa por las dislocaciones del terciario inferior. De este modo se formó una larga y ancha depresión al pie de la cordillera que era un primer precursor del Valle Longitudinal. Los ríos de la alta Cordi-

llera se estancaron en forma de grandes lagos en esta depresión y la rellenaron paulatinamente con sus sedimentos, hasta que rebalsaron por los portezuelos más bajos. Por estos portezuelos siguieron después también las planicies de sedimentación, tal como podemos observarlo en el alto, a ambos lados de la quebrada de Tana. En realidad el suelo del Valle Longitudinal puede seguirse hasta la Costa, donde le corresponde una alta terraza situada al poniente del cerro del Topo y caracterizada por un potente manto de yeso. Siendo el yeso un sedimento químico de un lago, todavía en el terciario medio, la costa del océano debe haberse encontrado mucho más al Oeste de la actual.

Las quebradas de más al sur no alcanzaron a atravesar la Cordillera de la Costa; deben haber seguido hacia el sur hasta la región del Loa, donde probablemente encontraron una salida. Pero antes habrán desembocado en el Salar de Llamara, donde constituyeron un gran lago de agua salada que tuvo una prolongación importante hacia el N. hacia el Salar Grande, donde, en el fondo del lago se formó una gruesa capa de cloruro de sodio puro, que hoy se explota por las salinas de Punta de Lobos y Guanillos. En los alrededores del Salar Grande y en el portezuelo bajo que los separa del salar de Llamara, se ven mantos de sal a unos 60 a 80 m. encima de la actual superficie del salar. Parece que más tarde las aguas encontraron una salida hacia el Loa o el Loa se abrió paso hacia el mar y entonces se vació el gran lago de agua salada que ocupó la región de los salares de Llamara y Salar Grande.

Vimos más arriba que, en la Cordillera de la Costa, se rellenaron los grandes bolsones con rodados de desierto. La estructura de este relleno puede verse perfectamente en el camino que conduce de Iquique al Alto del Hospicio. Se trata de piedras esquinadas que alternan con arenas de grano grueso. Encierran algunos mantos de 10 a 150 cm. de espesor de una toba blanca, que se explota bajo el nombre de Brillantina. Visto bajo el microscopio se revela como una toba de vidrio volcánico

despedazado en las erupciones. Es probablemente contemporánea con las erupciones del terciario medio.

Entre los bolsones se hallan varios que están abiertos hacia la Pampa del Tamarugal, sea que descienden hacia la Pampa perdiéndose lentamente debajo del suelo de acarreo moderno, como en Pozo Almonte, sea que terminen con una falla como la Pampa «Tente en el Viento» y Pampa Hermosa que son la continuación de la Pampa del Soronal. En el subsuelo de esta última, se observa, debajo de una cubierta de rodados de pocos metros, una arcilla rojiza conocida en la región salitrera con el nombre de «coba». Ella es la base principal del salitre en el Toco. En Calama pude comprobar que la coba es el sedimento eólico correspondiente a las liparitas de la alta Cordillera. El sondaje ejecutado en Chiuchiu, encontró esta coba con un espesor superior a 300 m. debajo de las liparitas. Capas muy parecidas parecen existir en la superficie de la Pampa del Tamarugal, donde se cortaron en el sondaje de Pintados hasta 59 m. de hondura. Probablemente se trata solamente de un sedimento parecido dejado por las actuales avenidas de las quebradas andinas.

Al fin de la erupción de las liparitas y traquiandesitas la morfología de Tarapacá era la siguiente: desde el mar, que se hallaba mucho más al occidente de la costa actual, subía lentamente un lomaje suave con algunos cordones un poco más altos que se levataron de las extensas planicies de los bolsones, de modo que, en medio de la Cordillera de la Costa, el aspecto del paisaje no habrá sido muy distinto del actual.

Hacia el Este, el terreno subía lentamente terminando los cerros en la región de la actual zona salitrera de Zapiga a Pozo Almonte. Esta falda oriental de la zona de la costa era parecida a la actual; algunas lomas más altas terminaron en la antigua falla que podía reconocerse por su trazado rectilíneo. Pero por entremedio de estas lomas seguían las planicies de los bolsones perdiéndose como hoy la Pampa Pissis debajo de la llanura del Valle Longitudinal. A ésta le faltaba solamente la capa superior de sedimentos modernos; y su aspecto era igual al de la

Pampa de Tana, situada al norte de Zapiga. La llanura del Valle Longitudinal seguía subiendo insensiblemente hacia el Este pasando por entremedio de aisladas serranías que conocemos hoy con los nombres de cerros de Tarapacá, Yarbicoya, Juan de Morales. Encima de la planicie se levantaron los antiguos volcanes de Tolompa, Mamuta, etc., rodeados por enormes corrientes de lavas. Debido a su inclinación muy reducida, la planicie tuvo escasa altura y lo mismo los cerros como p. ej. el Yarbicoya que apenas habrá tenido 2,500 m. contra los 5,200 que tiene hoy día. Del mismo modo los actuales Altos de Pica tuvieron solamente 1,500 m. en vez de sus 4,200 m. actuales.

Sólo en el plioceno, en el terciario superior, subió la Cordillera de los Andes a sus alturas actuales, lo mismo que todo el continente comprendiendo tanto la Cordillera de la Costa como el Valle Longitudinal. Al mismo tiempo una gran parte de la costa se hundió debajo del nivel del mar que por primera vez alcanzó la actual zona de la costa.

En forma muy clara se produjo la separación entre la Cordillera de los Andes y el Valle Longitudinal, subiendo la cordillera con una flexura que dió origen al actual plano inclinado de la formación liparítica. Este plano inclinado que podemos observar desde la quebrada de Tana hasta Huatacondo, se debe a una dislocación tectónica, porque su inclinación es demasiado fuerte para que con tal declive pudieron haberse sedimentado las arenas y arcillas intercaladas. Además se intercalan varias flexuras pronunciadas, especialmente en el borde mismo de la Cordillera.

En general, la Pampa del Tamarugal se solevantó, junto con la Cordillera de la Costa, como un solo bloque tal como puede observarse al norte de Zapiga, donde el suelo del Valle Longitudinal sigue sin interrupción hasta la costa. También el desaparecimiento lento de la Pampa de Pissis debajo de los sedimentos nuevos de Pozo Almonte parece indicar que no había dislocaciones nuevas en el borde de la Cordillera de la Costa. Pero más al Sur,

en el Salar de Bellavista y de Pintados, el valle longitudinal termina en una falda rectilínea abrupta. La falta de erosión de esta falda indica que su edad es mucho más nueva que la falla antigua que se observa en la región de Zapiga.

Las *fallas modernas* no se limitan al borde de la pampa, sino existen en mayor número también en el interior de los cerros de la costa y merecen una breve descripción.

En el salar de Bellavista se observa que la Pampa Hermosa, un antiguo bolsón de la Cordillera de la Costa, desciende con declive pronunciado que debe considerarse como flexura, hacia el salar. Pero, al sur del salar tenemos la continuación de la Pampa Hermosa en los cerros de Cachango. Este cordón sube desde la región del Cerro Gordo hacia el Oeste y su mayor elevación es el cerro Cachango, que termina, hacia el Oeste en una falla N. S. A su pie continúa la planicie con el mismo nivel de la Pampa Hermosa, extendiéndose hasta Lagunas; constituye un pequeño llano longitudinal situado entre el cerro Cachango y otras serranías más altas situadas al Oeste. La misma planicie sigue hacia el sur como ancha loma que separa la depresión del salar de Lagunas de la Pampa del Tamarugal en la región de la estación Ramaditas. Hacia el Norte, el llano de Lagunas termina con el nombre de Pampa «Tente en el Aire» en una falla transversal nueva, al norte de la cual se extiende la Pampa Hermosa a una altura más grande.

La falla que constituye el borde del Salar de Pintados, tiene rumbo N. O. y se interna bastante a los cerros de la costa desde Gallinazos hasta San Antonio, formando la falda occidental de un largo valle que contiene varias salitreras.

Entre San Antonio y la Estación Central existen dos o tres fallas transversales muy pronunciadas en que siempre la parte septentrional se ha hundido. Los planos de las fallas se presentan no sólo como faldas rectilíneas de fuerte declive, sino también perfectamente conservadas sin estar surcadas por la más mínima quebrada. Hacia los términos disminuye la altura del salto que alcanza

hasta 200 m. en la parte central, como p. ej. al Sur de la Estación Central.

En la región de Iquique, las fallas transversales recientes son menos pronunciadas; aparecen como ramificaciones de la gran falla de la costa, que también es muy reciente. La ramificación puede observarse mejor en la falda norte del morro de Tarapacá.

No conozco la región de la Cordillera de la Costa hasta la línea Zapiga-Pisagua. En esta zona existen importantes fallas transversales del mismo aspecto que entre las estaciones Central y San Antonio. Una de estas fallas constituye la falda Sur de la quebrada Jazpampa; otra se ve al sur del camino de Zapiga a Pisagua, poco antes de que la huella entra a la quebrada que desciende a la costa. Una última falla transversal constituye el límite Sur del bolsón del Alto de Pisagua o de Hospicio, continuando después como límite norte de la saliente sorprendente de la costa que termina en la Punta Pichalo.

Después de la formación de estas fallas recientes, la morfología del norte no ha tenido cambios de importancia. En la costa de Iquique hubo un pequeño solevantamiento que hizo salir del mar a la terraza en que está situado este puerto. En la región de la Pampa del Tamarugal, entre Zapiga y el Loa, los ríos andinos depositaron sus sedimentos en forma parecida como en el terciario. Al norte de Zapiga, los esteros de Tiliviche, Tana y otros excavaron sus profundas quebradas en los sedimentos que habían acumulado poco antes. Y, en la alta cordillera, se formaron los grandes conos de los volcanes cuaternarios y actuales.

II.—LA GEOLOGÍA DE LA PAMPA DEL TAMARUGAL

En el gran valle longitudinal debemos distinguir dos grandes regiones que se distinguen por la composición del subsuelo. Desde la región de Cerro Gordo hasta Zapiga, la superficie está formada por los sedimentos recientes depositados por las quebradas que descienden de la alta cordillera, como las de Huatacondo, Chintaguay,

Tarapacá hasta las de Camiña y Soga. Todas estas quebradas desembocan en el valle longitudinal y esparcen sus sedimentos en el llano cuya superficie aumenta continuamente en altura.

Pero, desde la quebrada de Retamilla o Tiliviche y la de Tana hacia el Norte, los esteros andinos han excavado profundos valles en el suelo de la Pampa del Tamarugal, de modo que sus sedimentos actuales no alcanzan a depositarse en el valle longitudinal, sino son llevados hasta el mar, donde desemboca este segundo grupo de quebradas. Esto era posible, porque ya antes del solevantamiento en el plioceno, los esteros llegaron hasta el mar, como queda comprobado por las anchas terrazas que acompañan en el alto a las quebradas hasta su desembocadura.

a) La Parte septentrional del Valle Longitudinal.

Debido a la falta de sedimentos modernos, la región situada al Norte de Zapiga nos presenta el fondo original del valle longitudinal con sus ondulaciones suaves. Se caracteriza por una cubierta de millones de concreciones de sulfato de calcio de forma discoidal, que habrá motivado el nombre de «panqueque» que les dieron los salitreros. En la pampa de Tana tienen diámetros de 10 a 40 cm.; en los bolsones de la Cordillera de la Costa y en las pampas salitreras, su diámetro rara vez sube de 10 cm., excepción hecha de algunas regiones como la de Gallinazos-San Antonio. Y, lo mismo que en los bolsones de la Cordillera de la Costa, el suelo del valle longitudinal en toda su extensión tiene capas de salitre, aunque de baja ley; solamente en la parte occidental de la Pampa de Tana, cerca de los cerros de la costa, se observan leyes muy altas.

Todo esto nos indica que la Pampa del Tamarugal, al Norte de Zapiga, es contemporánea a las pampas salitreras de más al Sur y que el salitre es anterior al profundizamiento de las quebradas de Tana, y con esto anterior a las dislocaciones del plioceno.

La superficie ligeramente ondulada de la pampa de Tana sube en forma insensible hacia el Este. En el camino de Tana a Caritaya, más o menos en el medio del valle longitudinal, existe una larga falda rectilínea de rumbo N. S., con la cual el terreno descende unos 30 a 40 m. hacia el Este; se tratará de una pequeña falla o flexura.

Al pie de la Cordillera de los Andes, la planicie de la Pampa del Tamarugal principia a subir bruscamente con una inclinación de unos 10°. En el camino de Caritaya, donde el camino sube por la primera cuesta, hay una flexura pronunciada, en la cual las capas de la formación liparítica toman una inclinación de unos 30°. Más hacia el Este, las mismas capas siguen con un manto de 10° hasta llegar a unos 4,000 m. de altura, (véase la tabla de los perfiles).

Según puede observarse en los profundos cañones de los valles excavados en este plano inclinado, la formación liparítica se compone de una alternación de mantos de liparitas y tobas liparíticas con areniscas y conglomerados. El espesor de las rocas volcánicas es de unos 30 a 50 m. en la vecindad del valle longitudinal, pero aumenta considerablemente hacia el Este, donde debemos esperar la presencia de las grietas de erupción. Tales centros de erupción han sido algunos cerros liparíticos alargados que entre el tranque de Caritaya y el volcán Mamuta se levantan encima de las lavas posteriores salidas de este volcán. Estos cerros consisten en liparita compacta hasta su cumbre que se hallará a unos 100 a 150 m. encima de la superficie de las lavas posteriores.

Las lavas posteriores se caracterizan por su color gris oscuro, por su gran porosidad y distinta composición mineralógica que las asemeja más a las andesitas y traquitas. Los cerros de los cuales han salido, se presentan como volcanes fuertemente destruídos, pero todavía dejan reconocer su forma de conos. A ellos pertenecen el Mamuta, Guachane, y Tolompa. Este último tiene el nombre de Sierra de Tolompa, porque la erosión ha descompuesto al cono en una serie de serranías más o menos

aisladas entre sí. Enormes son las corrientes de lava que han salido desde la sierra de Tolompa y que siguen hacia el Oeste por una distancia de unos 40 km. Pasan más allá de la flexura que constituye el borde de la Cordillera y una de las corrientes termina como larga meseta situada en la parte oriental de la Pampa del Tamarugal, entre el camino a Caritaya y la quebrada de Nama.

A estas traquiandesitas pertenecen también las capas superiores del plano inclinado, que consisten en unos 50 a 100 m. de conglomerados oscuros con numerosos rodados negros de lavas porosas. Hay algunas intercaladas de arcillas de color claro. En vista de que estos conglomerados pendientes, lo mismo que las traquiandesitas han participado en las últimas dislocaciones, su edad es anterior al plioceno.

Las areniscas y los conglomerados de la formación liparítica, lo mismo que los rodados pendientes oscuros, son muy permeables para el agua y por esto de gran importancia para el agua subterránea, porque no sólo pueden absorber gran cantidad de agua, sino pueden conducirla también hacia el poniente, hacia la región de la pampa.

Las capas expuestas en los profundos cortes de las quebradas de Tiliviche y Tana constituyen la continuación de los estratos de la formación liparítica. En Tiliviche, frente a las casas del fundo, observé el perfil siguiente:

- arriba: a) 5 a 10 m. rodados gruesos de color oscuro;
 b) 40 m. areniscas pardas, poco cementadas con algunas capas de rodados

discordancia

- c) 40 m. areniscas grises y conglomerados con estratificación diagonal y con capas intercaladas de arcilla;

discordancia de erosión;

- d) 6-8 m. kieselgur y arcilla de color claro, en capas alternantes;

- e) 40 m. arcillas claras, en parte contienen intercalaciones de capas de arenisca blanda oscura y de forma lenticular.

Los espesores y los límites entre las diferentes capas no pueden observarse bien en las faldas debido a la cubierta con arenas superficiales. La discordancia de erosión se presenta bien pronunciada en los riscos situados frente a las casas del fundo, donde observé el perfil siguiente:

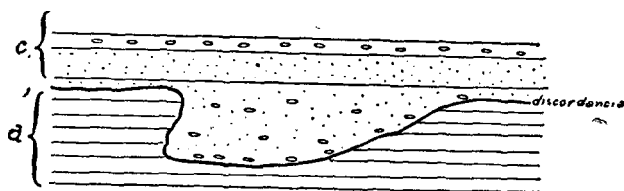


Fig. 1.

Esta discordancia de erosión corresponde probablemente al límite entre la formación traquiandesítica con su cubierta de rodados oscuros y la formación liparítica que, en el Oeste, estaría representada por las arcillas claras con capas de kieselgur. Estas capas son sedimentos depositados en un gran lago que se encontraba estancado por la Cordillera de la Costa después de su solevamiento en el terciario inferior. Encima de la discordancia de erosión yacen las areniscas oscuras con rodados (capa *c*) que indican que el relleno del lago había llegado a tal altura que los ríos andinos con sus sedimentos de arenas y rodados podían llegar hasta el mar.

Los mantos *a* y *b*, situados encima de la discordancia superior corresponden a un cono de rodados sobrepuesto a la antigua superficie de la pampa, como puede observarse bien desde alguna distancia.

En el fondo de la quebrada de Tana, las capas de kieselgur quedan expuestas en un corte del camino; alternan con capas de 20 a 30 cm. de ópalo pardo proveniente

de una transformación posterior de la sílice de las diatomeas.

Para la cuestión del agua subterránea son de mayor importancia las intercalaciones lenticulares de areniscas blandas que aparecen en la base de la capa *e*. Son muy permeables, y, debido a su inclusión en medio de arcillas impermeables, pueden conducir agua subterránea desde grandes distancias y pueden contener aún agua bajo presión.

En realidad, existen varias vertientes, aunque de escasa producción que deben provenir de tales canales subterráneos. Una se halla en la angostura de la quebrada de Tiliviche, excavada en las calizas fosilíferas del cretáceo. Arriba, en las capas de arcillas hay bastante vegetación que indica la presencia de humedad. Antes debe haber existido mucho más agua, porque se ha construido un socavón de unos 10 m., cuyas aguas se llevaron por un canal hasta el fondo de la quebrada.

Como siempre en el desierto, la salida del agua subterránea queda indicada por costras superficiales de sal. En un pequeño salar, situado a unos 2 km. hacia el Este, ya cerca del camino, el padre de don Santiago Keith, dueño de Tiliviche, encontró agua en un pique.

Otra vertiente de la misma clase se ha captado en un socavón de unos 40 m. de largo; se halla cerca del fondo de la quebrada, frente a las casas de Tiliviche. Pero la producción de agua es muy escasa, solamente de unos 10 metros cúbicos por día.

Importante es saber, si debajo del horizonte grueso de las capas impermeables *d* y *e*, existen mayores espesores de rocas permeables que podrían contener agua subterránea en mayor abundancia, la que podría captarse fácilmente por medio de un sondaje, porque ya no se trataría de aislados canales lenticulares, sino de un horizonte extenso.

La presencia de una gruesa capa de areniscas permeables debajo de las arcillas con kieselgur, puede observarse en la quebrada de Tana, a unos 6 km. aguas arriba de las casas del fundo. Allá, la falda superior está formada por

las arcillas con kieselgur y debajo de ellas hay unos 100 m. de areniscas poco cementadas y muy porosas que encierran algunas capas delgadas de arcilla. Hacia el Oeste, estas capas permeables descienden debajo del fondo del valle, en parte debido a una flexura que existe directamente al Este de las casas de Tiliviche. Se trata de una capa tan potente que debe existir en la misma forma también debajo de la quebrada de Tiliviche. Por esto, el agua que puede haberse infiltrado más arriba en las areniscas inferiores, debe estancarse debajo de la capa *e* en el horizonte de las areniscas, del cual podría sacarse por medio de sondajes.

En vista de que hasta ahora no se ha hecho ningún estudio detenido de esa región, y en vista de la falta de sondajes hechos anteriormente, no sabemos nada exacto acerca del perfil de las capas del valle longitudinal. Pero hay ciertos antecedentes que pueden obtenerse del estudio del agua en la quebrada de Tiliviche. Durante mi visita en marzo no había llovido en el nacimiento de la quebrada, por lo cual había una escasez muy grande de agua. Por el fondo del valle pasó muy poca agua, en parte porque se habrá infiltrado en las capas impermeables y secas intercaladas entre las arcillas. Aun en la angostura de las calizas fosilíferas, donde toda el agua subterránea del fondo de la quebrada tiene que salir a la superficie, apenas había unos 3 litros por segundo. Tampoco arriba de las casas del fundo puede ser grande la cantidad de agua, porque la capa de rodados, que puede contener el agua, es muy delgada, de modo que en todas partes del lecho seco se ven las arcillas impermeables.

En vista de esta escasez de agua en la parte superior, también bastante estrecha, sorprende que en la región del molino a viento, donde el fondo del valle es mucho más ancho, haya una zona pantanosa de bastante extensión superficial. Parece que en ese punto suba agua subterránea de mayor hondura aprovechando una zona de fallas que se observa en la vecindad. En favor de esta suposición habla también el fenómeno de que después del terremoto de Zapiga saltó un chorro de agua del sue-

lo durante el espacio de algunas horas. Con el sacudimiento fuerte se habrá abierto una grieta que dió acceso a una capa acuífera situada a mayor hondura; más tarde la grieta habrá vuelto a cerrarse porque se mojaron las arcillas de la caja de la grieta y con esto se hincharon. El punto sería apropiado para un sondaje, cuyos tubos evitarán el cierre posterior.

El fondo de la quebrada de Tiliviche me parece bastante indicado para explorar el subsuelo por medio de sondajes, que entre 30 y 100 m. podrían dar con agua bajo presión. En vista de la escasez de agua, tales sondajes tendrían gran importancia práctica. También en la quebrada de Tana hay las mismas condiciones favorables; pero existiendo un caudal mucho más importante en ella, el reconocimiento de sus napas subterráneas no sería tan importante.

La ventaja de los sondajes en la quebrada de Tiliviche en comparación con sondajes hechos al sur de Zapiga consiste en primera línea en que se ahorra la perforación de unos 120 m. de capas superficiales, porque la perforación principia en el fondo profundo de valle, en vez de arriba en el llano. Con esto se relaciona también la segunda ventaja grande, de que el agua artesiana no necesita subir a alturas tan grandes como en un sondaje situado arriba en el valle longitudinal.

b) La parte Sur del Valle Longitudinal

1) LOS SEDIMENTOS MODERNOS EN LA PAMPA, DE ZAPIGA A LAGUNAS.

Desde los cerros de Zapiga puede observarse muy bien el desaparecimiento de las capas terciarias de Tiliviche debajo de los sedimentos modernos que aun hoy día siguen depositándose por los ríos andinos. Las quebradas más septentrionales que no alcanzan el mar, son las de Itapillan y Soga cuyos sedimentos se extienden frente a Zapiga en la superficie de la pampa. Probablemente causado por el declive general, que tiene la Pampa del Ta-

marugal de Norte a Sur, todas las quebradas andinas se desvían hacia el Sur, al entrar a la Pampa. Así, las inundaciones de la quebrada de Aroma, que desemboca frente a Negreiros, alcanzan los cerros de la costa en Huara y las de la quebrada de Tarapacá, que desemboca frente a Huara, inundan la vecindad de Pozo Almonte.

La repartición de los sedimentos depositados por estas quebradas es la siguiente: al salir de los estrechos valles de la Cordillera de los Andes, las avenidas depositan sus rodados y arenas gruesas en la parte oriental del valle longitudinal constituyendo extensos conos de rodados. Las arenas de grano medio y fino alcanzan hasta más o menos la mitad entre las dos cordilleras y en parte, hasta cerca del pie de la Cordillera de la Costa.

Pero, en general, esta cordillera es alcanzada solamente por el fango más fino suspendido en el agua de las avenidas, que se sedimenta en los extensos lagos que existen durante algún tiempo al pie de los cerros de la costa. El fango se nos presenta hoy día como arcilla de color claro muy parecida a las arcillas terciarias de Tiliviche; esta arcilla constituye la superficie en casi toda la extensión de la pampa entre Pozo Almonte y Zapiga. Hacia el Este se ve cómo los estratos de arena se ponen encima de la arcilla o desaparecen debajo de ella, indicando la transición en forma de engranaje que hay entre las dos clases de sedimentos.

El límite entre las superficies arcillosas y arenosas es muy irregular, porque en el medio de los conos de rodados las arenas avanzan mucho más hacia el Oeste, mientras que al Norte de los conos se estanca el agua de las quebradas más septentrionales en forma de grandes lagos que se extienden, lo mismo que su fango, bastante hacia el Este.

En la zona arcillosa se observan también largas fajas de forma de esteros secos; en parte tienen una hondura de pocos 20 a 30 cm., en parte hasta 1 a 2 m. Estas fajas corresponden a las corrientes de agua al principio de las avenidas por las cuales llegó el agua hasta el pie de la Cordillera de la Costa. Debido a la fuerte corriente, el

agua era capaz de arrastrar arenas y aun pequeños rodados hasta que al fin el agua rebalsó de estos lechos inundando toda la región vecina, constituyendo un extenso lago de poca hondura. Con la formación del lago terminó la corriente en los anteriores cursos de agua y con esto la fuerza de transporte del agua. Encima de las arenas y rodados depositados al principio se deposita al fin el fango fino del lago. En otras avenidas, que se siguen en intervalos de 15 a 20 años, puede cambiar el sistema de las fajas de arenas. Resulta al fin un complicado sistema de fajas permeables para el agua encerradas en medio de un gran espesor de arcillas, que se habrán formado en los miles de años desde el plioceno. Hoy estas fajas constituyen largos canales de corte lenticular por los cuales se mueve el agua subterránea. Así se explica que, en general la producción de cada pozo de agua es relativamente reducida, porque en cada pozo se descubrirán solamente pocas fajas permeables.

Hacia el Este, los canales subterráneos aumentarán en espesor y ancho, disminuyendo lentamente la arcilla hasta que esta última constituye solamente intercalaciones entre los sedimentos arenosos. Estas condiciones se han dibujado en forma esquemática en el Perfil N.º II, que representa un corte trasversal por los sedimentos modernos de la Pampa del Tamarugal. El perfil explica también la presencia de agua artesiana, porque si el agua se infiltra a suficiente altura en el Este y luego queda cubierta por una capa impermeable, entonces en la capa de arena, y también en el canal encerrado entre las arcillas reina presión artesiana, como se ha comprobado en los sondeos de Pintados y de la Guaica.

2) LOS SONDAJES HECHOS EN LA PAMPA DEL TAMARUGAL.

Conociendo la forma de la sedimentación actual, podemos entender los perfiles de los sondeos que se han ejecutado.

En vista de que los sondeos se han hecho con una máquina de percusión, los resultados estratigráficos son poco

exactos, porque se perforan siempre varias capas antes de sacar el material con la cuchara. Con esto se produce una mezcla de las diferentes capas, en caso de existir una alternación de arenas y arcillas. Por esto, la mayor parte de las muestras de sondajes hechos en la Pampa consisten en arcillas arenosas; en realidad debe haber una alternación de arcillas más o menos puras con capas de arenas. Por esta razón, en los perfiles de sondajes que acompañan este informe, las muestras de arcillas arenosas se han dibujado como alternación de arcilla y arena o rodados.

La tabla de los perfiles contiene tres diferentes sondajes. Uno de Pozo Almonte que se había ejecutado alrededor del año de 1915; otro de Pintados, situado a unos 6 km. del pie de la Cordillera de la Costa y un tercero ejecutado en la Tirana, en la chacra del Obispado.

El sondaje de Pintados encontró la sucesión siguiente de capas:

PERFIL DEL SONDAJE DE PINTADOS

- 0— 8,90 m. arcilla rojiza.
- 12,00 » arena y arcilla; *agua*.
- 20,60 » arcilla rojiza, un poco arenosa.
- 32,20 » la misma, con capas duras de conglomerado; los rodados están cementados por arcilla.
- 46,00 » arena arcillosa de grano muy fino con aisladas piedras redondas de 2 cms. de diámetro.
- 59,00 » arcilla rojiza con arenilla finísima. terminan las arcillas rojizas.
- 65,50 » arena fina, suelta, con capas duras formadas por concreciones calcáreas.
- 97,00 » arena un poco más gruesa.
- 156,00 » arcilla pegajosa de color gris claro con poca arena fina.
- 171,50 » arenisca en capas muy duras calcáreas alternando con arcilla y arenas.
- 174,20 » arena suelta fina de color gris. *Napa N.º 2 de agua que sube hasta los 9,20 m.*
- 185,00 » arcilla clara.
- 199,00 » arcilla con piedras de hasta 3 cm.; probablemente alternación entre arcillas y rodados.
- 199,30 » arena suelta como la capa —174,20.
- 288,20 » arenisca no muy dura; probablemente una arenisca arcillosa.

- 229,00 m conglomerado.
- 234,00 > arenisca gris de grano fino.
- 238,00 > arena muy blanda. *Napa N.º 3 de agua.*
- 250,00 > arcilla.

En el perfil anterior tenemos desde la superficie hasta los 59 m. una capa bastante uniforme que llama la atención por su color rojizo, por lo cual es muy parecida a la coba terciaria, pero de la cual se distingue por su edad moderna. Me parece muy poco probable que la coba terciaria constituya la superficie del valle longitudinal en esa zona no muy extensa, sin distinguirse de los sedimentos más nuevos por un desnivel.

Como única intercalación en las arcillas rojizas hay unas capas duras de conglomerado y las arenas que conducen la napa superior de agua.

Inmediatamente debajo de las arcillas rojas aparece la capa de 59 a 65,5 m. que se distingue por las concreciones calcáreas que constituyen mantos concrecionarios y que se repiten en forma parecida entre 156-171,5 m. Estas capas más duras hacen la impresión como si pertenecieran ya a una formación más antigua que el relleno moderno de la Pampa; probablemente son contemporáneas a las capas de Tiliviche, aunque en estas últimas no he visto concreciones.

El sondeaje de La Tirana encontró la siguiente sucesión de capas:

SONDAJE DE LA TIRANA

- 0— 18,50 m. arcilla de color amarillo claro que constituye la superficie.
- 24,20 > alternación de arena gris y arcilla.
- 31,40 > arcilla blanca.
- 36,90 > arena de grano fino con rodados.
- 45,60 > rodados con diámetros de hasta 6 cms.
- 53,50 > arena gruesa con capas de arcilla.
- 96,00 > arena arcillosa, probablemente alternación de arena y arcilla.
- 100,00 > piedras de río.
- 134,00 > arenas en alternación con arcillas.
- 141,00 > arena lavada con rodados de 3 cms.
- 142,00 > arcilla.

- 148,00 m. arena fina lavada.
- 152,00 > rodados gruesos de hasta 6 cms.
- 157,00 > arcilla alternando con piedras esquinadas.
- 201,00 > alternación de arcilla y arenas.
- 210,00 > arcilla de color pardo.
- 215,00 > alternación de arenas y arcillas.

El sondaje de La Tirana se distingue del de Pintados por su mayor porcentaje de rodados y arenas de grano grueso; especialmente llaman la atención los rodados de diámetros muy grandes. Todo esto se explica por su situación más oriental. Las arcillas rosadas faltan por completo; tampoco se encontraron las concreciones de carbonato de calcio.

PERFIL DEL SONDAJE DE POZO ALMONTE

- 0— 28,00 m. arcilla con piedras chicas.
- 42,00 > arenas de grano fino y grueso en alternación con capas de arcilla; *entre 28 y 29 m. agua salada.*
- 45,5 > arcilla con piedrecitas de $\frac{1}{2}$ cm.; poco redondas.
- 97,00 > arcilla con piedras poco redondeadas de $\frac{3}{4}$ a 1 cms.
- 136,00 > arcilla jabonosa de color chocolate oscuro.

El perfil de Pozo Almonte, con su situación más occidental—distaba unos 3 km. del pie de la Cordillera de la Costa—se parece más al de Pintados por la importancia de las arcillas. Un sedimento un poco extraño es la gruesa capa de arcilla en el fondo del sondaje, especialmente debido a su color oscuro que es poco frecuente. Puede ser que se trate de una arcilla teñida por sustancia orgánica, como sedimento de un lago que puede haber existido en la rinconada de Pozo Almonte.

Al fin, el sondaje hecho en la viña Los Puquios, de los señores Fröhlich y Müffeler, nos da una buena idea de la alternación entre capas arcillosas y arenosas. El sondaje se halla en el límite entre la superficie arenosa y la arcillosa.

El sondaje encontró varios horizontes de agua, siendo los inferiores de agua surgente. Algo de esta agua corre por cañería hacia el pozo con que se riega la viña. El agua es de muy buena clase, lo mismo que en Pintados.

PERFIL DEL SONDAJE DE LOS PUQUIOS, LA GUAICA, CHACRA
DE FRÖHLICH Y MÜFFELER

- 0— 2,50 m. arena.
- 3,25 > arcilla arenosa.
- 4,45 > arcilla gris clara con piedrecitas esquinadas.
- 5,45 > arcilla negra con un poco de arena.
- 12,45 > arcilla clara arenosa o alternación de arena y arcilla.
- 16,65 > arcilla clara dura con capas de rodados.
- 17,50 > arena. *1.ª napa de agua; sube hasta 1 m. debajo de la superficie. Temperatura 22° C.*
- 20,50 > arena con piedras chicas.
- 22,00 > arcilla clara.
- 24,00 > arena con un poco de arcilla y piedrecitas.
- 29,00 > arcilla rojiza.
- 30,5 > arena con rodados. *2.ª napa de agua que sube hasta la superficie.*
- 34,50 > arcilla arenosa; probablemente en alternación.
- 36,50 > arena con poca arcilla.
- 40,50 > arena fina. *3.ª napa; el agua sube hasta +0,10 m.*
- 42,00 > arenisca gris con conglomerado.
- 43,80 > arcilla clara arenosa o alternación.
- 51,10 > alternación de arcilla con arenisca blanca.
- 51,40 > arena.

En todos los sondeos anteriores tenemos alternaciones muy seguidas de arcillas con arenas. En los sondeos situados más cerca del pie de la Cordillera de la Costa, como en Pozo Almonte y Pintados, las arenas constituyen probablemente intercalaciones más o menos lenticulares dentro de las arcillas. En el sondeo de Pintados se encontraron las capas terciarias de Tiliviche probablemente a los 59 m. En los otros sondeos es difícil indicar el límite correspondiente. En el sondeo de La Tirana, la capa de rodados de río, encontrada entre 36,90 y 45,60 constituye una intercalación sorprendente, porque en la superficie no se conocen rodados de tal tamaño. Pero durante el relleno del valle longitudinal el curso principal de un estero andino bien puede haber pasado debajo de la región del sondeo.

La dificultad de distinguir los dos grupos de sedimentos consiste en que ambos son muy parecidos. Por ejem-

plo, las arcillas claras que constituyen la superficie de la Pampa frente a la oficina Aragón, en Zapiga, son idénticas las arcillas del perfil de Tiliviche y también a las arcillas que siguen formándose hoy día entre Huara y Pozo Almonte.

Para el agua subterránea, la distinción entre las dos clases de sedimentos no será muy importante, ya que las condiciones de sedimentación han sido muy parecidas, de modo que también en el grupo inferior, en las capas de Tiliviche, el agua se moverá en fajas de arenas que corresponden a antiguos cursos de mayor corriente de agua, tal como lo vimos más arriba, al hablar del agua de Tiliviche.

Pero, lo mismo que en el norte, podríamos esperar la presencia de una capa profunda de arenas o rodados permeables en la cual podría moverse una importante corriente de agua subterránea. Tal corriente podría constituir la continuación del antiguo valle terciario que desciende de los Altos de Pica hacia el Oeste y que contiene la gran corriente que alimenta a las vertientes de Pica.

III.—EL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA PAMPA DEL TAMARUGAL

Como base de este párrafo tomaremos un importante estudio hecho por la Delegación Fiscal de Salitreras; se ejecutó el estudio en el año de 1915 y está firmado por el señor J. M. Guzmán. Lleva el título: «Nomenclatura de los Pozos de Agua de la Región Salitrera». Tarapacá. Es una lista de todos los pozos de agua de las diferentes salitreras de Tarapacá indicando su hondura y en general los datos hidrológicos más importantes. Agregamos esta lista al final de este informe como Apéndice I, pero cambiando el orden de sucesión de los piques, arreglándolos en tres grupos grandes de pozos: los de la quebrada de Quiuña, los de la Pampa del Tamarugal y al fin los situados en el interior de la Cordillera de la Costa. Además intercalamos los pozos de los pueblos en la situación que les corresponde.

En mi viaje visité varios de los pozos, pero los datos que obtuve no eran tan exactos para establecer grandes cambios en comparación con la lista del señor Guzmán.

a) *El Agua Subterránea al Norte de Zapiga*

El primer grupo de pozos se halla en la quebrada de Quiuña, que más arriba se llama Tiliviche; proviene de la alta cordillera, lo que explica la presencia de agua dulce.

La lista no menciona los numerosos pozos de agua que se hallan en el nacimiento de la quebrada de Jazpampa, que nace en el salar cerca del pueblo de Zapiga. En épocas anteriores esta quebrada condujo el exceso del agua que se acumuló en el salar que se extiende al pie de la Cordillera de la Costa y que llega hasta cerca del pueblo de Negreiros. En realidad, existe en esa parte, cerca del pie de los cerros, un pequeño declive desde Negreiros hacia Zapiga como se desprende de la lista de alturas que veremos un poco más abajo.

El pozo San Antonio 3 se halla aún en el salar, en el nacimiento de la quebrada de Jazpampa, que se presenta como una pequeña depresión enteramente incrustada por la costra del salar. El pozo encontró agua bien potable a 7 m. de hondura, lo mismo que los pozos vecinos de Trinidad que se hallan fuera de la quebrada. Un poco más al Norte del pozo San Antonio, la quebrada de Jazpampa principia a profundizarse constituyendo un valle de unos 50 m. de ancho. En su falda oriental se ven las arcillas del valle longitudinal, encima de las cuales se extiende la costra del salar de Zapiga. En el fondo de la quebrada se observa un poco de vegetación verde la que indica la presencia de agua subterránea. Unos 2 km. valle abajo, todo el fondo del valle, bastante profundo, está cubierto por vegetación y por una costra de sal que proviene de la evaporación del agua subterránea. En una pequeña zanja está el agua a $\frac{1}{2}$ m. debajo de la superficie. Más abajo, la quebrada atraviesa una faja de rocas fundamentales que antes de la excavación de la quebrada de Jazpampa estaban enteramente cubiertas por los sedimentos ter-

ciarios de la Pampa del Tamarugal. Especialmente, valle arriba de la angostura cortada en las rocas duras, hay abundancia de vegetación; se ven antiguos canales de riego y zanjas transversales en las cuales se captaba antes el agua.

Valle abajo de la angostura, hay varios piques abandonados con restos de estaciones de bombas. En uno de ellos hay agua un poco salobre a 4 m. debajo de la superficie. Una gruesa costra de sal cubre todo el fondo del valle; en ella se ha excavado una zanja de varios kilómetros de largo.

La lista de la Delegación Fiscal de Salitreras no menciona estos pozos que probablemente estaban abandonados y sustituidos por el agua de Quiuña, que es de mejor calidad. Puede ser que el pozo San Antonio 1, que según la lista dista solamente 750 m. de la oficina se halle en la quebrada Jazpampa, porque la distancia es demasiado reducida para un pozo situado en la quebrada Quiuña.

El agua subterránea de la quebrada de Jazpampa provendrá sin duda directamente de canales arenosos contenidos en las arcillas del valle longitudinal, que aprovechan el fondo permeable de la quebrada para seguir hacia la costa. El pozo San Antonio 3 no sacará su agua de la capa permeable del fondo de la quebrada, sino de una capa acuífera intercalada entre las arcillas.

b) *Los pozos de la Pampa del Tamarugal*

1) ENTRE ZAPIGA Y POZO ALMONTE.

No vale la pena describir cada uno de los numerosos pozos de agua que se hallan a poca distancia del pie de la Cordillera de la Costa, entre Zapiga y Cerro Gordo. El Apéndice I contiene los datos más importantes.

Para comprender la hidrología subterránea, debemos tomar en cuenta primero el declive del suelo de la Pampa del Tamarugal que queda indicado por las cifras siguientes, las que tomé del Mapa de Mensura de Tierras que me parecen más exactas que las de la lista de los pozos de agua.

Zapiga.	1118 m.	Huara.	1086 m.
Dolores.	1116 m.	Pozo Almonte. . .	1027 m.
Catalina.	1112 m.	Gallinazos.	985 m.
Negreiros.	1142 m.	Pintados.	975 m.
Salar de Bella Vista 950 a 967 m.			

En el extremo norte hay un declive desde Negreiros a Zapiga, pero en general prevalece declive de N. a S. desde Negreiros a Huara, Pozo Almonte hasta el Salar de Pintados. Tanto en este salar como en el de Bella Vista apenas hay declive.

La línea divisoria entre las dos direcciones del declive se halla probablemente al sur de Negreiros donde, cerca de la oficina Progreso, hay una saliente pronunciada de los cerros de la costa, que reaparecen también un poco más al Este del camino en forma de un cerro de isla que se levanta del suelo de relleno moderno.

El cambio del declive se deberá menos a la saliente de la Cordillera de la Costa que a la forma del relleno que proviene de los valles andinos. La mayor elevación del terreno entre Negreiros y Progreso corresponderá a la mayor altura del cono de rodados acumulado por la quebrada de Aroma. La zona de mayor altura del cono tiene un ancho considerable porque se extiende hacia el Sur hasta la Puntilla de Huara.

Las pequeñas irregularidades de las costas de Catalina y Dolores se explicarán por un relleno un poco desigual.

Correspondiendo a la mayor elevación del cono, las aguas que se infiltran en el cono se dividirán en corrientes que se dirigen hacia el N. hacia Zapiga y otras que siguen el declive principal de la pampa hacia el sur, a Pozo Almonte y los salares de Pintados y Bella Vista.

La importancia que tiene la región de la oficina Progreso para la hidrología subterránea puede reconocerse en el hecho que ella constituye el límite entre las aguas poco profundas de la zona de Negreiros-Zapiga y las aguas más profundas de Huara-Pozo Almonte. En la zona norte, desde las oficinas Josefina y Progreso, la hondura a que se halla el nivel del agua, pasa rara vez de 25 m. y gene-

ralmente es inferior a los 20 m. Hacia el sur, hasta la oficina Donato, la hondura media del agua es de 50 m., habiendo profundidades de hasta 80 m. Aun más al Sur, en la rinconada de Pozo Almonte, el nivel del agua sube un poco, pero queda siempre alrededor de 30 m., con excepción de los pozos más vecinos a la Cordillera de la Costa.

La poca hondura en los cantones del norte se explica porque el agua se estanca en los sedimentos nuevos delante de las arcillas terciarias, que desde Zapiga se levantan lentamente debajo de las acumulaciones modernas. El punto de rebalse, aunque subterráneo, está constituido por el nacimiento de la quebrada de Jazpampa en Zapiga. Teniendo la vecindad de Dolores y Catalina alturas inferiores a las de Zapiga, se comprende el alto nivel del agua en la región de estos dos pueblos.

Además, el agua de la zona norte se distingue por su calidad que es mucho mejor que más al sur. Al norte de Negreiros, desde el comienzo del salar que se extiende hasta Zapiga, la mayor parte de los pozos de agua encontraron agua dulce o de regular calidad. Exceptuando unos pocos pozos situados en terreno salitrero, en medio de la Cordillera de la Costa, la lista del Apéndice I da entre Zapiga y Aurora 19 pozos con agua dulce, 9 con agua regular y 12 con agua salobre. Desde Aurora hacia el Sur no hay ningún pozo con agua dulce, hasta llegar al Salar de Pintados.

En Negreiros, situado al Sur del pozo de Aurora, me comunicaron que la mayor parte de los pozos tenían agua salobre, aunque apta para regar pequeñas huertas, y que debajo del agua salobre, que se halla a unos 18 m., había una capa dura a 35 m. debajo de la cual había agua dulce bajo presión que sube hasta los 5 m. debajo de la superficie.

Parece que en la zona Norte, una gran parte del agua subterránea proviene de la quebrada de Soga que tiene agua relativamente buena. Más al Sur prevalece el agua salobre de la quebrada de Aroma, cuyo estero tiene 2,5 a 2,8 grs. de sal por litro. Aun más al Sur, en la región

de Pozo Almonte, prevalece el agua un poco menos salobre de la quebrada Tarapacá que tiene 1,5 a 1,9 grs. de sales por litro.

Desde Negreiros hacia el sur, especialmente en el salar de Bella Vista, llama la atención que los numerosos «donkeys» o estaciones de bombas y pozos se hallan casi siempre a una distancia de muchos kilómetros de las oficinas que se encuentran en el borde de la Cordillera de la Costa. La explicación es la repartición del agua; cerca de los cerros de la costa es más salada y a mayor distancia es menos salobre, aunque más profunda. Este último fenómeno no puede comprobarse al estudiar la lista de los pozos. Especialmente en los pozos de la región de Negreiros, desde la oficina Reducto hasta Abra, a menudo los pozos más distantes encontraron agua a menor hondura que los pozos cercanos. Tal irregularidad no puede sorprender, si tomamos en cuenta que las corrientes subterráneas pasan divididas en un sinnúmero de canales que corresponden a antiguos lechos de corriente superficiales, como lo explicamos más arriba. Y, por la misma razón, se comprende también, que a menudo pozos vecinos dan aguas de calidad bastante distinta proveniente de más o menos la misma hondura.

Cerca del pueblo de Dolores, un señor Luis Villarroel, arrienda dos pozos de agua con que se riegan unos 5,000 metros cuadrados. Un pozo tiene agua salobre a 5 m.; y el otro pozo, que dista solamente unos 50 m. del primero, encontró agua dulce a 6 m.

2) EL AGUA EN LOS SALARES DE PINTADOS Y BELLA VISTA.

Las condiciones hidrológicas cambian mucho al llegar a la región de estos dos salares, en los cuales el agua, en gran extensión, está cerca de la superficie. Los salares ocupan una gran depresión situada entre la saliente del cordón de Cachango-Cerro Gordo por el Sur y el cono de rodados depositado por la quebrada de Tarapacá. El pueblo de La Tirana, situado en el Norte del salar, tiene 1,010 m. de altura; La Guaica, que dista solamente 18

km. del pie de la Cordillera de los Andes tiene 975 m., la misma altura que Pintados situado más al Sur al pie de la Cordillera de la Costa. Las alturas del salar de Bella Vista varían entre 967 y 950 m.

La depresión debe su origen a la falta de valles de primer orden entre la quebrada de Tarapacá y la quebrada de Huatacondo, de modo que el relleno de la Pampa ha sido muy escaso. Todas las quebradas intermedias, como Juan de Morales, Tambillos, Chintaguay, etc., nacen en el primer cordón alto de la cordillera, pero no tienen hoyas hidrográficas que se extiendan hasta la frontera con Bolivia.

La poca hondura del agua subterránea a la cual se deben los extensos bosques de algarrobos se explica en parte por la poca altura del suelo de la depresión, pero en primera línea a que la corriente de agua subterránea se estanca delante del cordón Cachango-Cerro Gordo que avanza desde la Cordillera de la Costa hacia el Este. En la misma región, se halla antepuesto a la alta cordillera el cerro Challacollo, de modo que resulta una angostura bastante pronunciada en el valle longitudinal.

El salar de Pintados es la única región en la Pampa del Tamarugal, donde hay verdaderas poblaciones agrícolas en que se aprovecha la poca hondura del agua subterránea. Un interés especial merece la explotación agrícola en forma de «canchones», que son fosas de unos 20 m. de largo y de 3 a 4 m. de ancho, en las cuales se ha sacado la costra superficial de sal que se amontona a los lados. Debajo de la costra hay tierra vegetal dulce y húmeda, en la cual se plantan melones, alfalfa, etc., que crecen gracias a la humedad capilar que sube desde el nivel del agua subterránea. Esta agua es dulce o ligeramente salobre; pero después de algunos años se seca el canchón o se cubre de nuevas eflorescencias salinas de modo que debe abandonarse. Se excavan entonces nuevos canchones en la vecindad. En forma parecida a estas eflorescencias nuevas, se habrá formado también la costra del salar por evaporación del agua subterránea que subió a la superficie por capilaridad.

Tenemos varios datos acerca del agua subterránea en el salar de Pintados. El sondaje de Pintados, situado al S. E. de la estación del mismo nombre, encontró tres napas de agua: la superior, sin presión, a 10 m.; la segunda bajo presión, a 170 m. y la tercera a 240 m. El agua de la segunda napa subió hasta 9,20 m. debajo de la superficie. La calidad del agua es relativamente buena. En vista de que el agua de la tercera napa llegó hasta muy cerca de la superficie, es probable que alcance a salir del pozo al entubar el sondaje. Actualmente las pérdidas por filtración hacia capas permeables perforadas, que se hallan a menor hondura, serán muy grandes.

En el sondaje de 51,4 m. hecho en la chacra de Puquios, de Fröhlich y Müffeler, en La Guaica, se encontraron también tres diferentes napas de agua: la primera a 17,50 m. que subió hasta 1 m. debajo de la superficie, la segunda a 30,5 m. que subió hasta 0 m. y la tercera a 40,5 que subió hasta 10 cm. encima de la superficie.

Fuera del sondaje, la chacra Puquios tiene un pozo de 15,8 m. en el cual el agua está a 2 m. de hondura. Con una bomba se sacan 70 metros cúbicos cada 8 horas, bombeando durante $1\frac{3}{4}$ horas, lo que corresponde a una producción diaria de 210 metros cúbicos. El nivel del agua descende durante el bombeo hasta 7 m. debajo de la superficie.

En el camino de La Guaica a la chacra Puquios hay un pozo que tiene el agua casi en la superficie. Hacia el norte, me dijeron, que aumenta la salinidad del agua. En el sondaje de La Tirana se encontró agua solamente a 20 m. debajo de la superficie; más abajo, hasta el término del sondaje a 215 m. no se encontró otra napa. Este resultado no indica que más abajo no haya agua, pero tampoco puede indicarse de antemano la hondura.

En realidad, en el pueblo de La Tirana hay numerosos pozos que tienen agua a unos 6 a 10 m. de hondura. Y el señor Billinghamst refiere el caso interesante de un sondaje hecho en La Tirana que encontró agua surgente. Dice la descripción de Billinghamst que el sondaje alcanzó 150 m. de hondura y que perforó una alternación de are-

nas y arcillas. Las capas de arcilla variaban de espesor desde 1,5 m. a 2 m. y las de arena tenían espesores de solamente 30 cm. Hasta los 144 m. cada vez que el talaadro, después de perforar una capa de arcilla, tocaba una de arena, el agua subió por el tubo en unos 18 m. A los 120 m. se encontró presión suficiente y el agua subía como $1\frac{1}{2}$ m. sobre el nivel del suelo. Pero, continuando la perforación, el agua cesó de surgir. La explicación será que con la continuación del sondaje se abrió una salida más fácil del agua hacia una capa inferior permeable y seca; el agua perdió su presión y se infiltró en la capa vacía.

3) RELACIONES Y ORIGEN DE LAS DOS CLASES DE AGUA.

En la lista de los pozos de agua del Apéndice I, se observa en forma muy clara la repartición de las aguas dulces y saladas. Desde la oficina Adriático hacia el Sur, todos los pozos situados cerca del pie de los cerros de la costa tienen agua salada o salobre que se halla a honduras reducidas. Los pozos situados a mayor distancia encontraron siempre agua dulce a honduras un poco más grandes.

Existen, pues, dos corrientes distintas de agua subterránea: una salada, más superficial, que pasa bordeando la Cordillera de la Costa, y otra corriente de agua dulce, más profunda, a lo menos en la zona situada al Sur de Pozo Almonte.

Antes de discutir las relaciones y el origen de las dos clases de agua, debemos conocer la composición química de las aguas tanto superficiales de la alta cordillera como de las corrientes subterráneas. Los pocos datos obtenidos los he reunido en el Apéndice II que se agrega a este informe.

En los análisis de las aguas de los ríos cordilleranos llama la atención que prevalecen los sulfatos en comparación con los cloruros, si hacemos abstracción del agua muy salada de la quebrada Aroma. Encontramos esta relación aun en el agua relativamente salobre de Tarapacá y de Huatacondo. Y lo mismo en las aguas de las vertientes

termales que como las de Piga están situadas en medio de la alta cordillera, o que se hallan al pie de la cordillera como las de la región de Pica. La única excepción la constituye el agua muy salobre que se encontró a 154 m. en el primer sondaje profundo ejecutado al pie del Salto de Chintaguay; en esta agua la cantidad de Cl es un poco superior a la del SO₃. Podemos deducir de esto, que las aguas de la Cordillera de los Andes se caracterizan por la prevalencia de los sulfatos en comparación con los cloruros.

La misma relación, la encontramos también en los pozos de la Pampa del Tamarugal, en cuanto éstos tienen agua poco salobre, como en los análisis de La Patria, Sta. Catalina y Angela o en el pozo de la chacra Puquios, de La Guaica. Una excepción la constituyen las aguas dulces de Lagunas y Brac; pero si tomamos en cuenta el camino largo recorrido por estas aguas y la presencia de excepciones también entre las aguas de la alta cordillera (sondaje de Chintaguay), la relación inversa en Lagunas y Brac no impide buscar su origen también en la Cordillera de los Andes.

Por el otro lado, las aguas fuertemente saladas del pie de la Cordillera de la Costa se caracterizan por prevalecer los cloruros, como lo presentan los análisis del Salar de Bella Vista y de los pozos de Asturias y Sta. Rita.

Resulta que no podemos considerar las aguas salobres como provenientes del agua dulce por una evaporación y concentración sino se trata de aguas que, a lo menos en parte, tendrán otro origen.

La presencia de agua subterránea en los terrenos salitrosos situados en medio de la Cordillera de la Costa, donde no llueve nunca, nos enseña que allá se forman considerables cantidades de agua por otros procesos, como por condensación del vapor de agua contenido en el aire. La ausencia o escasa cantidad de nitratos en el agua no es contraria a la teoría, porque la condensación se producirá a mayor hondura, donde ya no existen los nitratos superficiales, pero donde no faltan los cloruros.

Según esto, las corrientes de agua salobre y salada que

corren por la Pampa del Tamarugal y cerca del pie de los cerros de la costa, consistirán en una mezcla de aguas andinas con otras que provienen de la Cordillera de la Costa.

El agua dulce profunda en el Salar de Bella Vista y superficial en La Guaica proviene sin duda de la alta cordillera; pero no podemos buscar su origen en las quebradas andinas, donde desciende mucha agua sea en forma superficial, especialmente en las avenidas o también en forma subterránea como corrientes que pasan por el fondo de rodados de las quebradas. Esta última clase conduce también considerables cantidades, ya que en Pachica tiene un caudal de unos 300 a 500 litros por segundo.

El agua subterránea dulce de la Pampa del Tamarugal no puede provenir de estas corrientes, porque todas las aguas que descienden por las quebradas andinas son mucho más saladas que el agua subterránea dulce, como se ve al comparar los análisis de Aroma y Tarapacá con los de los pozos de La Patria, Sta. Catalina, Angela, Los Piquios, Lagunas y Brac.

Interesante es la repartición del agua subterránea dulce en dirección de Norte a Sur. En el Norte tenemos agua dulce en una región donde las capas del relleno terciario se hallan a poca hondura debajo de los sedimentos modernos; en el Sur, el agua subterránea dulce principia frente a los Altos de Pica. En mi estudio sobre el agua subterránea de Pica comprobé que en el terciario inferior y medio descendía un ancho valle por la región de los Altos de Pica y que este valle desaguaba una extensa región de la actual altiplanicie de Bolivia; pude comprobar que la repartición de las vertientes termales de Pica indica que sus aguas provienen de una gran corriente subterránea que pasa por el fondo de este antiguo valle que más tarde se rellenó con un gran espesor de lavas liparíticas.

Tanto en el Norte como en el Sur, el agua dulce de la Pampa provendrá de las partes más altas de los Andes, donde se infiltra el agua de las lluvias en regiones que carecen de sales superficiales; además contribuirá también

el agua profunda de origen volcánico. Estas aguas descienden por las capas inferiores y permeables de la formación liparítica. Al llegar al pie occidental de la alta cordillera, se encuentran con fallas, flexuras y grietas, por las cuales sube una parte hasta la superficie como en las vertientes de Pica. Otras aguas se infiltrarán en las arenas superficiales donde han sido captadas por numerosos socavones en la misma región de Pica. Pero una gran parte seguirá en estas arenas superficiales hasta los sedimentos modernos de la Pampa del Tamarugal.

4) LAS LLUVIAS DE LA ALTA CORDILLERA Y SU ESCURRI- MIENTO.

Acabamos de ver que las aguas subterráneas de la Pampa del Tamarugal provienen de la alta Cordillera y por esto debemos ocuparnos brevemente de la hidrografía de esa zona. Toda la parte baja de la cordillera de los Andes, hasta unos 2,500 m., carece de lluvias como puede deducirse de la falta absoluta de vegetación en los cerros. Pero a mayores alturas caen lluvias regulares, como puede verse en las listas del Apéndice III, que contienen las observaciones hechas por la Sección de Hidrometría del Departamento de Riego. Contrario a Chile central las precipitaciones de invierno son insignificantes. La mayor parte de las lluvias cae en verano en forma de fuertes aguaceros que se producen en las tardes acompañados de temporales eléctricos. Casi todas las tardes de verano se ve desde la pampa del Tamarugal cómo la alta cordillera se cubre de densos nubarrones de color oscuro que a menudo alcanzan hasta el valle longitudinal mismo, pero sin que caiga gota alguna en las regiones más bajas.

El río, en cuyos nacimientos cae el fuerte temporal de lluvia baja entonces con una avenida que puede alcanzar proporciones muy grandes y a menudo sus aguas inundan gran extensión de la Pampa del Tamarugal. Para los que viajan en la parte inferior de los valles cordilleranos, las avenidas pueden constituir un gran peli-

gro, porque la avenida avanza con una velocidad increíble en el lecho seco de los ríos, presentándose como una muralla de agua de hasta 2 m. de altura que arrastra todo lo que encuentra en su camino. El diagrama siguiente, observado por los ingenieros del Departamento de Riego, da una idea de estas avenidas, en que se alcanza en pocos minutos el máximo del caudal. El caudal máximo se mantiene solamente durante pocos minutos y la cantidad de agua principia a disminuir rápidamente. Pero durante muchos días se conserva todavía una corriente fuerte de algunos metros cúbicos.

En la avenida del diagrama la cantidad de agua subió hasta más de 200 metros cúbicos por segundo, bajando 3 millones de metros cúbicos en 16 horas. La mayor parte de esta agua se infiltra al llegar a la Pampa del Tamarugal y sigue subterráneamente.

Pero fuera del agua superficial que alcanza el borde de la pampa durante varios meses, el agua subterránea del valle longitudinal se alimenta también por las corrientes subterráneas que descienden por los rodados del subsuelo de los valles y que no se interrumpen nunca. Con ocasión de la construcción del tranque de Pachica, se hizo un interesante estudio del agua subterránea cuyos resultados se hallan representados en la figura siguiente:

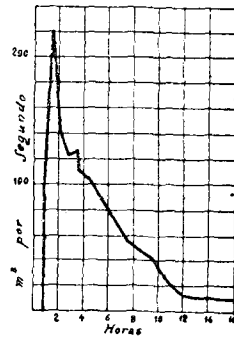


Fig. 2.—Curva de una avenida del río Tarapacá en Pachica.

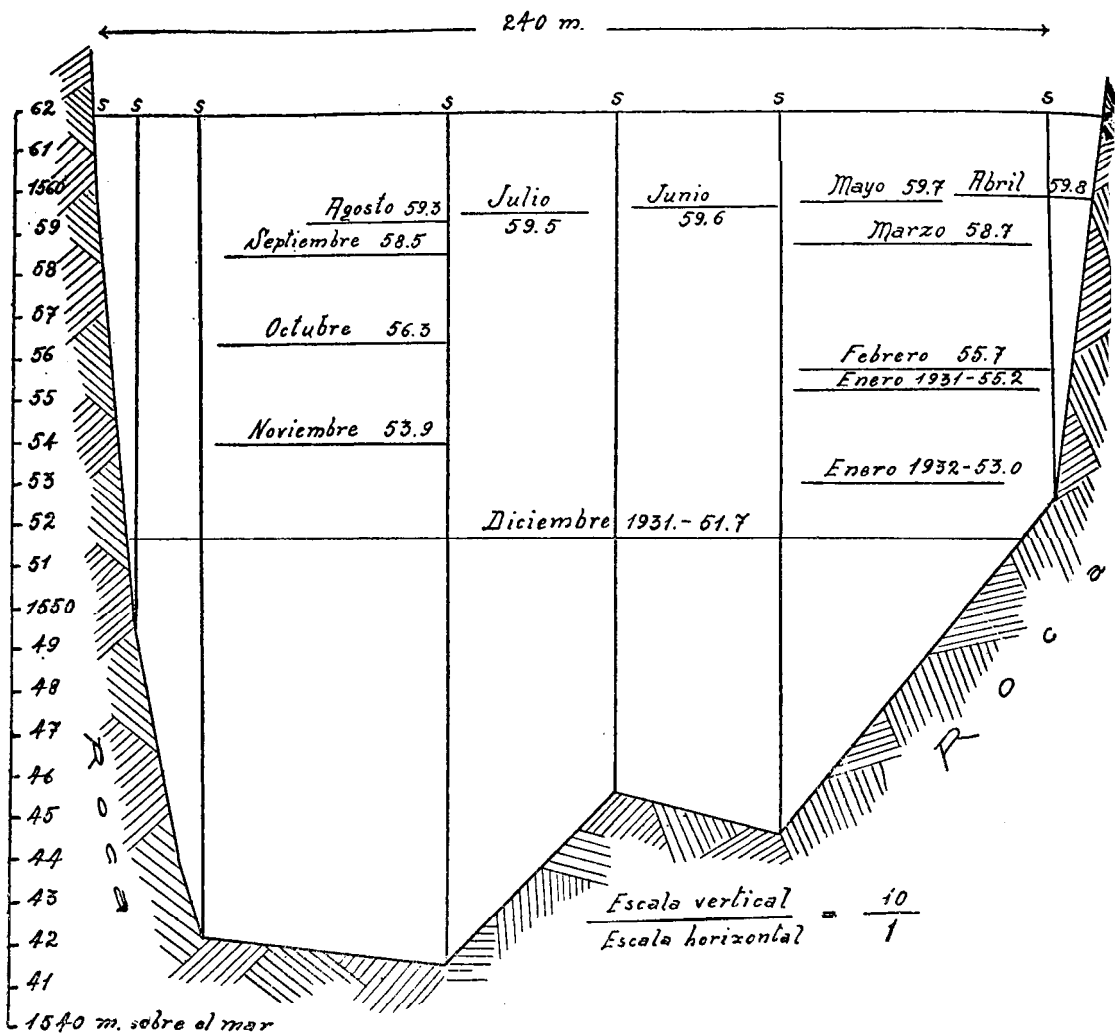


Fig. 3.—Niveles del Agua Subterránea en el Tranque de Pachica en 1931. Según A. Jara Ríos.

Vemos en este diagrama que el agua subterránea tiene su nivel más bajo en Diciembre, pero con las lluvias de verano principia a subir y alcanza su máximo en Abril; después vuelve a bajar primero lentamente y después de invierno en forma más rápida.

El escurrimiento de estas corrientes subterráneas es mucho más uniforme que el del agua superficial que se corta generalmente durante varios meses del año. Enteramente uniforme es el escurrimiento de las aguas profundas de la región de Pica, donde apenas se conocen variaciones del gasto de las vertientes. Vimos más arriba que también estas corrientes profundas contribuyen a la formación del agua subterránea de la pampa.

5) LA CAPTACIÓN DEL AGUA

La captación de las aguas puede hacerse en parte por sondajes profundos, en parte por pozos poco hondos.

Los sondajes ejecutados han comprobado la existencia de agua surgente como en el sondaje de Billinghamurst, en el de la chacra Los Puquios y el de Pintados. Una buena entubación de este último sondaje que evite toda filtración hacia las capas secas y permeables de los niveles superiores, probablemente hará subir el agua a la superficie.

De mayor interés sería encontrar debajo de la Pampa la continuación del antiguo valle de los Altos de Pica y llegar con el barreno directamente a la capa acuífera primaria, donde puede esperarse abundante agua, quiere decir 100 y aun más litros por segundo. Una solución definitiva del problema puede obtenerse solamente por medio de unos 3 a 5 sondajes de 500 a 600 m. de hondura. Una ayuda muy grande sería un estudio geofísico (sísmico o con la balanza de torsión) para descubrir la parte más honda. Con esto se sabría al mismo tiempo la hondura máxima que debería darse al sondaje.

No está excluído que ya a una hondura mucho menor se descubre fuertes corrientes subterráneas, por ej., a los 200 ó 300 m.; pero el estudio geológico superficial no permite indicar el punto exacto.

En general, para sondajes profundos, la región de Pica es más favorable, porque allá sabemos a lo menos la ubicación del valle terciario, aunque no conocemos todavía la hondura a que se halla la corriente principal. El pozo artesiano de Chintaguay encontró una napa secundaria de agua que se formó de las filtraciones que subieron de la napa principal que se halla a gran hondura. La napa secundaria se encuentra en una zona de grandes poros de gas intercalada entre las dos corrientes de liparita; esta zona puede verse arriba en la quebrada seca que se separa arriba en el salto de Chintaguay.

Los *pozos poco profundos* para captar el agua subterránea salen mucho más baratos pero difícilmente encuentran agua surgente. Se ubicarían naturalmente en las regiones donde hay agua dulce cerca de la superficie. Tales zonas se hallan en el Norte en la región de Negreiros a Zapiga y en el Sur, en el salar de Pintados, especialmente en la región de La Guaica.

La cantidad de agua que puede elevarse, es bastante grande. Según la lista de los pozos del Apéndice I, la producción diaria de agua dulce en la región de Negreiros a Zapiga es de unos 3,000 metros cúbicos. Según me comunicaron en La Guaica se necesitan anualmente 4,500 a 5,000 metros cúbicos de agua para regar una hectárea. Según este dato, con los 3,000 m³ podrían regarse alrededor de 200 hectáreas.

La captación se haría por medio de pozos a los cuales se agregarían galerías de filtración para captar mayor número de corrientes subterráneas.

El gasto más importante en el riego con pozos es el de la elevación del agua. Sobre este gasto recolecté los datos siguientes:

El ferrocarril salitrero tiene tres pozos en Dolores que están comunicados entre sí por unos 40 m. de socavones. Trabajando 8 horas diarias se elevan 80 m³ con lo que el nivel del agua descende en unos 3 a 4 m. Se gastan 40 a 50 litros de petróleo y 3 litros de mobiloil.

En La Guaica, en la viña Los Puquios, el señor Fröhlich me dió los datos siguientes: Bombeando durante 1 $\frac{3}{4}$ ho-

ras se eleva 70 m³ cada 8 horas, desde 2 a 7 m. de hondura. Se usa un motor a bencina y los gastos son de 13,3 centavos por metro cúbico, incluyendo la amortización de la instalación. Para regar una hectárea se necesitan unos 4,500 a 5,000 m³ al año, lo que daría unos 650 pesos anuales por hectárea.

Muchos pozos en el Norte usan motores a viento, en general construcciones muy sencillas con que se riega hasta media cuadra. Según oí, el inconveniente del motor a viento es la falta de viento de suficiente fuerza en los meses de invierno.

A P E N D I C E I

LOS POZOS DE AGUA DE LA REGION SALITRERA DE TARAPACA

NOMBRE DE LA OFICINA	Número de los pozos	hondura total m	hondura a que está el agua m	altura sobre el nivel del mar m	producción en 24 horas m ³	calidad del agua	distancia a la oficina km	distancia al borde del Valle Longitudinal km	OBSERVACIONES
I.—LOS POZOS SITUADOS EN LA QUEBRADA DE QUIUÑA									
Paccha.....	1	12	0	900	300	dulce	0,8		En la quebrada de Quiuña.
»	2	13	11	902		»	1,2	»	
Jazpampa.....	3	15	7	905	148	»	1,3	»	»
»	4	16	8	909		»	2,5	»	
San Antonio.....	1	5	0	1,035		»	0,75	»	Tiene un socavón de 200 metros.
II.—LOS POZOS SITUADOS EN LA PAMPA DEL TAMARUGAL									
Trinidad	1	18	16	1,118	350	dulce	20	0,5	a 600 m. al N. de Zapiga en salar.
»	2	26	5	1,118		»	20	0,5	
Jazpampa.....	5	23	10	1,060	200	»	10½	0,1	en Zapiga, en salar.
San Antonio.....	2	22	18	1,100	81	salobre	0	-2,5	en la Cord. de la Costa, en salitrera.
»	3	20	18	1,118	50	dulce	5	0,5	a 500 m. al N. de Zapiga, hoy: 37 m. con agua a 7 m. en salar.
Compañía.....	1	20	18	1,100	90	salobre	0,1	-2,5	en la Cord. de la Costa, en salitrera.
Pueblo de Zapiga.....		7-10		1,118	—	salobre y dulce	0,3		en salar.

NOMBRE DE LA OFICINA	OBSERVACIONES									
	Número de los pozos	hondura total	hondura a que está el agua	altura sobre el nivel del mar	Producción en 24 horas	calidad del agua	distancia a la oficina	distancia al borde del Valle	Longitudinal	
	m	m	m	m ³		km	km	km		
Caníña.	1	18	17	1,050	272	dulce	0,5	0,6		
»	2	16	12	1,050		regular	0,6	0,7		
Catalina.	1	8	6	1,080	198	dulce	1	1,2		
»	2	8	6	1,080		»	1	1,3		
Angela.	1	19	18	1,007	10	salobre	3			en terreno salitrero.
»	2	15	14	1,010	150	»	0,15	3,1		
Recuerdo.	1	18	12	1,005	—	»	0	0,02		
La Patria.	1	12	6	1,050	283	regular	4,6	5,3		
»	2	12	5	1,050		salobre	4,8	5,5		
Aguada.	1	8	7	1,020	235	dulce	3,5	2,5		el agua tiene 9/00 de sal.
»	2	6	5	1,020		»	3,5	2,5		
Reducto.	1	14½	8	1,013	138	»	2,3	2		
»	2	16¼	13	1,015	42	salobre	0,1	0,2		Pique de Huáscar (oficina).
»	3	25	9	1,015		»	0,2	0,05		
Aurora.	1	25	22	1,030	350	regular	1	1,2		tiene frontones de 10 y 15 m. al E. y al N. E.
Amelia.		22	21	1,032	20	salobre	0,7	0,3		
Mercedes.	1	23	17	1,142	22	»	1	0,3		
»	2	23	22	1,140	22	»	0,2	0,1		
»	3	21	19	1,139	22	»	0,1	0,03		
Democracia.		21	16	1,136	70	»	0	0,03		
Irene.	1	22	15	1,136	35	»	0	0		

Irene.....	2	12	11	1,144	salobre	11	3,5	
Pueblo de Negreiros.....			18	1,142	»			varios pozos en el pueblo.
Agua Santa.....	1	28	20	1,138	100	1	0,4	
»	2	20	12	1,145	200	9	1,1	
»	3	20	15	1,138	300	2,3	0,5	
Slavia.....	30	25	25	1,136	50	1,5	0,2	
Putunchara.....	1	35	33	1,136	240	1,3	0,5	
»	2	30	28	1,142	216	4	3	
Progreso.....	24	24	23	1,141	100	0	0,1	
Josefina.....	1	24	22	1,141	133	0	0	25 m. al N. del Co. Josefina.
»	2	26	24½	1,141	133	0	0	15 m. al O. del Co. Josefina.
Tránsito.....	46	43	43	1,141	300	3,2	1,5	Co. Josefina al O. del pozo.
Barcelona.....	1	27	22	1,144	40	0,2	0,3	
»	2	30	23	1,142	80	0,8	1,1	
Abra.....	25	23	23	1,140	90	0	0,1	Entre Co. Josefina y Abra.
Primitiva.....	85	78	78	1,136	240	6,5	5	
Tres Marías.....	70	63	63	1,134	160	4	5	
Valparaiso.....	78	70	70	1,131	360	8	6,5	
San Jorge.....	1	75	73	1,128	127	5,7	5,9	
»	2	65	64	1,131	56	5,6	6	
Maroussia.....	64	62	62	1,134	100	6,5	4	
Rosario de Huara.....	1	66	60	1,131	150	4,9	4,5	
»	2	60	53	1,130	400	4,8	4,2	
Puntilla de Huara.....	80	76	76	1,130	205	5	4,9	
Santa Rosa de Huara.....	70	67	67	1,120	240	3,8	2	
Constancia.....	5	50	46	1,115	80	2,5	2,5	N.º 1 a 3 atrrados; 4 no se usaba.
»	6	60	55	1,118	120	5	4	
Olivar Pueblo de Huara.....	72	68	68	1,107	15		0,15	salada

NOMBRE DE LA OFICINA	Número de los pozos	m hondura total	m hondura a que está el agua	m altura sobre el nivel del mar	m ³ producción en 24 horas	calidad del agua	km distancia a la oficina	km distancia al borde del Valle	Longitudinal	OBSERVACIONES
Zepeda Pueblo de Huara ..		65	63	1,107	10	salada		0,35		
Gárate >		58	53	1,107	13	>		0,25		
Lema > >		65	63	1,107	15	>		0,25		
Ramírez > >	1	60	56	1,085	135	salobre	0	0,15		
>	2	55	53	1,092	108	>	3,3	3		
Santiago.		56	53	1,090	200	>	4,8	3,7		
Mapocho.	2	55	51	1,075	210	>	2,5	2,3		
S. Donato.	1	50	47	1,063	68	>	0	0		
>	2	65	60	1,040	70	>	2	2		
Baquadano		40				regular	7			
San José.	34	31		1,054	240	salobre	3	3,1		
Keryma.	1	38	36	1,045	80	regular	3	3,3		
>	2	60	57	1,038	50	salobre	0	0,2		
Peña Chica.	1	34	32	1,036	90	>	3	0,75		
>	2	36	33	1,043	280	>	6	5		
La Palma.	2	36	31	1,037	230	>	3	2,8		
>	3	35	31½	1,028	140	>	5,5	0,5		
Calacala.	35	32	32	1,032	250	>	2,7	2,7		
Buen Retiro.	26½	22½		1,028	65	>	0,5	0,15		
Pozo Almonte										
Muñoz Cortez.	37½	30½		1,028	23	salada		0,35		
Saonero.	35	32		1,028	15	>				

Peralta.....	38	34	1,028	30	salada					
Franelich.....	35	32	1,028	15	»					
Pizarro.....	34	32	1,028	10	»					
Carmen Bajo.....	1	33	31		salobre	1,4				
»	2	33	31	260	»	1,6	1,5			
San Miguel.....	22	20½	1,023	60	»	0,3	0,25			
Sara.....	1	22	20	80	»	0,15			se hallan en una rinconada que en-	
»	2	22	20		»	0,02			tra a los cerros de la costa.	
La Tirana.....		6	1,010		dulce		11		muchas norias que se usan para el	
									cultivo.	
La Guaica.....		½ a 3	975		»		20		muchas norias que se usan para el	
									cultivo en salar.	
Adriático.....	3.	15	8	985	300	salobre	12	0	en salar	
Galicia.....	8	6	985	379	salada		11	0,3	en salar al N. E. de la oficina.	
Tarapacá.....	1	20	12	986	180	»	0,2	0	en salar al E. de la oficinn.	
»	2	27	24	986		»	0			en salar al O. de la oficina.
Virginia.....	1	15	9	993	36	regular	1,5	3	en salar al S. O. de la oficina.	
»	2	19	11½	1,009	18	»	0	0	en terreno salitrero.	
»	3	58	18	1,016		»	0	0	en terreno salitrero.	
Santa Elena.....	1	11	9	1,013	141	salobre	0	0	en salar.	
»	2	8	7	1,013		»	»	0	0	
»	3	9½	9	1,013		»	»	0	0	
El Pique.....	16	8	980							a 3,9 km. al N. E. de Pintados.
FF. CC. Longitudinal.....	10	10	980							a 3,2 km. al N. E. de Pintados.
Felisa.....	1	12½	10	976	300	dulce	29	4		a 3,5 km. de Pintados.
»	2	17	10	976	500	»	29	4		»
San Remigio.....	12	4	985	150	salobre		3	0		en salar, al N.
Aurrerá.....	12	10	976	250	dulce		3,3	2,5		» E.

NOMBRE DE LA OFICINA	hondura total		hondura a que está el agua	nivel del mar	producción en 24 horas	calidad del agua	distancia a la oficina	distancia al borde del Valle Longitudinal	OBSERVACIONES
	Número de los pozos	m							
Pan de Azúcar.	1	30	10	885	149	regular	13	5	en salar, al E.
»	2	20	10	885	»	»	13	5	»
Alianza.	1	24	10	950	180	dulce	10	10	»
»	2	26	10	950	270	»	10	10	»
»	3	15	10	950	»	salobre	0	0	»
»	4	2	½	950	93	»	0	0	»
Empalme del F. C. Longt. . .			32			dulce		12	»
Brac.			51			»			»
Bellavista.	1	18	10½	950	180	»	14	14	»
»	2	18	10½	950	170	»	14	14	»
»	3	9	5	977	»	salada	0	0	»
Slayonia.		5	2	950	280	»	0,24	0,3	»
Buena Ventura.	1	17	10	950	81	dulce	8	15	en salar al E. de la oficina.
»	2	15	10	950	54	»	8	15	»
»	3	6	5	977	73	salada	0	0,12	»
La Granja.	25	23		918	600	regular	14	20	»
Co. Gordo.	30	26		918	120	»			»
Iris.	49	22		918	»	salada	0	0,2	»
North Lagunas.	1	20	8	967	85	dulce	24	14	»
»	2	17	8	967	85	»	22	14	»
»	3	22	16	967	85	»	27	17	»
»	4	22	16	967	85	»	27	16	»

a unos 2 kms. de Co. Gordo.
al pié del Co. Gordo.

al N. en salar de Bellavista.

North Lagunas.....	5	9	8	885	—	salobre	0	0	en salar
Centro Lagunas.....	1	1,2	0,6	868	} 240	»	0	0	»
»	2	6	2	868		»	0	0	»
»	3	3	1,5	868		»	0	0	»
South Lagunas.....	1	22	16	967	85	dulce	23,9	16	» al N. en salar Bellavista
»	2	22	16	967	85	»	27	17	»
»	3	22	16	967	85	»	24,1	18	»
»	4	3	2	868		salobre	0	0	»

III.—POZOS SITUADOS EN EL INTERIOR DE LA CORDILLERA DE LA COSTA

Sebastopol.....	8,3	5	950	300	salobre	1	en terreno salitrero; al E. de la oficina.
Cholita.....	1	13	9	950	70	»	en salar, al E. de la oficina.
»	2	13	9	960	70	»	en salar al O.
Paposo.....	1	20	15	983		»	en terreno salitrero al E.
»	2	12	10	983		»	en salar al S. O.
»	3	5	3	983		»	en terreno salitrero; al E.
»	4	8	6	983		»	en terreno salitrero; al E.
»	5	25	23	983		»	en salar al O.
San Enrique.....	1	27	25	950		»	en terreno salitrero; al E.
»	2	27		950 seco		»	al O.
»						»	al E.
Peruana.....	32	30	950		»	»	al S.
San Pedro.....	1	25	19	983		»	en salar
»	2	30	26	983		»	»
»	3	35	29	983	350	»	al E.
»	4	45	37	983		»	al O.
»						»	al O.
Adriático.....	1	85	80	1,017	25	»	en terreno salitrero
»	2	80	79	1,020		»	»

NOMBRE DE LA OFICINA	Número de los pozos	m hondura total	m hondura a que está el agua	m altura sobre el nivel del mar	producción en 24 horas m ³	calidad del agua	distancia a la oficina km	distancia al borde del Valle km	Longitudinal	OBSERVACIONES
Argentina.....	1	35¼	30	977	45	salobre	0		en terreno salitrero	al N. O.
»	2	40	30	977	135	»	0,2		»	al O.
»	3	25	22	977	23	dulce	0,4		»	al S. O.
San Pablo.....	1	31	21	1,016		salada	0		»	al E.
»	2	28	25	1,016		»	0		»	al S. E.
»	3	26	25	1,016		»	1		»	al N. O.
»	4	34	29	1,016		»	0,25		»	al S. O.
Santa Clara.....		41	34	950	70	»	0,2		»	al S. E.
Santa Ana.....		70	69	970		»	0,3		»	al N.
La Perla.....	1	72	62	950	350	»	0,3		»	al N. E.
»	2	15	—	950		»	0,3		»	al N. E.
»	71	67	67	970	67	»	0,15		»	al E.
Esmeralda.....		85	70	983	100	»	0,2		»	al O.
Resurrección.....	1	37	69	950		»	0,5		»	al N.
Restauración.....	1	72	68	885	120	»	0,25		»	al N. E.
San Lorenzo.....	2	90	85	852	80	»	1,4		»	al S. E.
»	3	80	75	852	150	»	0,1		»	al N. O.
Santa Lucía.....	1	67	50	813	150	»	1		en salar	al N.
»	2	49	45	819	50	»	0,5		en terreno salitrero	al E.
Gloria.....	1	4	3,6	721		»	1		en salar	al N. E.
»	2	3½	2	721	225	»	1,2		»	al N. E.
»	3	11	7	721		»	0		en terreno salitrero	al N. O.
»	4	14½	8	721		»	0		»	al N. O.
Providencia.....		45	41	900		»	1		»	al S.
Pirineos.....		55	30	900	500	»	0,25		»	al N.
Cóndor.....		20	10	920		»	0,5		»	al O.
Viz.....	1	25	21	819	80	»	0,05		en salar	
»	2	23	18	819	50	»	0,2		»	al E.

APENDICE II

I.—ANÁLISIS DE AGUAS DE LOS VALLES ANDINOS

A.—Quebradas de Tarapacá y Aroma. Muestras tomadas en Septiembre de 1928

	GRS. POR LITRO	
	Tarapacá	Aroma
Extracto seco a 100°.....	1,902	2,624
Oxidos de Fe y Al.....	0,340	0,215
CaO (total).....	0,033	0,183
K ₂ O.....	0,035	0,060
MgO.....	0,030	0,007
NaCl.....	0,500	1,610
Sulfatos expresados en ácido sulfúrico.....	0,522	0,395
Nitratos.....	no hay	ind.
Acido sulfhídrico.....	ind.	0,004

B.—Las mismas quebradas. Muestras tomadas en Enero y Febrero de 1929
Análisis hechos en Iquique

	GRS. POR LITRO		
	Tarapacá Pachica	Quebrada Hda. Aroma	Aroma Tranque de Pin- tanani
Extracto seco a 150°.....	1,500	2,490	2,825
Sulfatos totales.....	1,301	0,821	0,991
Sulfatos expresados en Na ₂ SO ₄	0,791	0,499	0,602
Sulfatos expresados en ácido sulfúrico... ..	0,546	0,344	0,416
NaCl.....	0,380	1,435	1,851
NaNO ₃	0,179	0,080	0,119
CaO.....	0,113	0,158	0,213
MgO.....	0,091	0,018	0,036

C.—La Quebrada de Huatacondo.

Análisis publicado por Billinghamurst
gramos por litro

Carbonato de calcio.....	0,1200	Cloruro de sodio.....	1,3250
Sulfato de calcio.....	1,4484	Cloruro de potasio.....	0,0124
> de magnesio.....	0,9729	Silice.....	0,0040
> de sodio.....	0,9038	Oxido de fierro.....	0,0020
Suma total de las sales.....			4,7885

II.—ANÁLISIS DE VERTIENTES TERMALES DE LA ALTA CORDILLERA (1)

	Piga	Chinta- guay	Concova Pica	Agua Potable Matilla	Vertien- te Loreto	Sondaje Chinta- guay a 154 m.
Residuo seco a 180°. ...	0,200	0,305	0,246	0,894	1,570	2,906
Pérdida por calcinación	0,050	0,025	0,036	0,086	0,046	0,080
Cl.	0,0085	0,0396	0,0319	0,092	0,227	0,848
K ₂ O.	} 0,0355(2)					0,736
Na ₂ O.						
MgO.	0,0086		0,0018	0,009	ind.	ind.
CaO.	0,0173		0,040	0,090	0,297	0,506
SiO ₂	0,0695		0,031	0,080	0,032	0,014
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃			0,002	0,004	0,0005	0,006
Nitratos en NO ₃	no hay	0,0005	ind.	0,0008	no hay	
Sulfatos en SO ₃	0,014	0,0466	0,0466	0,205	0,646	0,715

III.—ANÁLISIS DE POZOS SALITREROS EN LA PAMPA DEL TAMARUGAL

A.—Datos obtenidos en Peña Chica por el señor J. Lortsch.

(gramos por litro)

	La Patria	Santa Catalina	Angela	Astu- rias	Santa Rita
Residuo seco a 180°.	0,736	0,88	1,168	1,17	3,33
Cloruros como NaCl.	0,30	0,30	0,29	0,72	1,71
Sulfatos como Na ₂ SO ₄	0,39	0,37	0,55	0,27	0,30
Cal como CaO.	0,09	0,05	0,122	0,11	0,076
Magnesia como MgO.	0,021	0,02	0,036	0,04	0,029
Grados dureza.	9,90	5,30	23,60	21,00	15,20

B.—Viña Puquios, La Guaica

Datos proporcionados por los señores Fröhlich y Müffeler.

(gramos por litro)

Cl.	0,213	Na.	0,279
SO ₄	0,302	Mg.	0,013
SiO ₂	0,040	Ca.	0,143
CO ₃	0,010		
		Total.	1,000

(1) Datos tomados de J. Brügggen, Informe sobre el agua subterránea de la región de Pica. 1918.

(2) Expresados en cloruros.

C.—*Aguas superficiales del Salar de Bella Vista*

Datos obtenidos por el Dr. v. Arend.

NaCl.	50,8	Na ₂ B ₄ O ₇	0,46
MgO.	1,104	K ₂ SO ₄	4,54
CaO.	2,37		
		Total.	59,274

D.—*Aguas superficiales en el Salar de Bella Vista, en el ferrocarril a Cachango*

Datos obtenidos por el Dr. v. Arend.

	GRAMOS POR LITRO	
	I	II
NaCl.	131,03	93,33
Sulfatos totales como Na SO ₄	52,66	36,63
CaSO ₄	2,16	2,47
MgSO ₄	5,52	4,26
K ₂ SO ₄	13,99	9,74
Na ₂ SO ₄	32,46	21,06

E.—*Aguas dulces de Profundidad del Salar de Bella Vista*

Datos obtenidos por el Dr. v. Arend.

	Lagunas	Brac
	GRAMOS POR LITRO	
Residuo a 130°.	0,8072	0,7920
Pérdida por calcinación.	0,0732	0,0336
CaO.	0,0332	0,0566
MgO.	0,0073	0,0133
Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃	0,0132	0,0036
SiO ₂	0,0316	0,0704
SO ₃	0,1510	0,0135
Cl.	0,2000	0,1900
nitratos.	indicios	indicios

F.—*Agua en un pozo de la Oficina Vergara, Antofagasta*

Esta composición es característica para las aguas subterráneas muy saladas en los bolsones de la Cordillera de la Costa. Llama la atención la alta ley en sílice.

Temperatura 19°. Peso específico 1,004.

Sustancias en suspensión.	grs. por litro	0,049
Cloruros.		6,00
SO ₃		1,860
SiO ₂		0,630
Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃		indicios
CaO.		1,58
MgO.		0,414
Residuo.		10,533

APENDICE III

LLUVIAS EN LA ALTA CORDILLERA DE TARAPACÁ

Datos del Departamento de Riego, Sección de Hidrometría.

1) *Chuzmiza*.—Latitud: 19°41'. Altura: 3,360 m.

	1929	1930	1931	1932	1933	1934
	milímetros					
Enero.	12,2	100,3	105,3	81,0	—	65,0
Febrero.	9,6	25,2	24,5	60,0	94,0	32,0
Marzo.	24,2	7,3	145,7	13,2	42,0	43,0
Abril.	—	—	1,0	—	—	—
Mayo.	—	4,9	2,6	—	—	—
Junio.	—	—	—	—	—	—
Julio.	—	—	—	5,0	—	6,0
Agosto.	—	53,0	—	—	4,0	7,0
Septiembre.	—	3,8	0,8	—	—	—
Octubre.	—	28,5	—	1,0	—	—
Noviembre.	—	—	—	—	—	—
Diciembre.	5,0	—	14,0	—	0,3	2,0
Año	51,0	223,0	294,0	160,0	140,0	155,0

2) *Culianes*.—Latitud: 19°46'. Altura: 3,860 m.

Enero.	24,0	35,0	4,0	34,0
Febrero.	14,	41	75	35
Marzo.	25	24	59	11
Abril.	8	—	—	2
Mayo.	2	1	—	—
Junio.	—	2	—	—
Julio.	—	4	—	—
Agosto.	—	—	—	3
Septiembre.	1	—	—	—
Octubre.	—	2	—	—
Noviembre.	—	—	—	—
Diciembre.	12	1	19	12
Año.	86	110	157	97

3) *Poroma*.—Latitud: 19°53'. Altura: 2,829 m.

Enero	14,9	68,9	63,0	39	—	50
Febrero	3,9	7,7	1,6	33,5	60	21
Marzo	4,9	6,5	60	3	42	50
Abril	—	—	—	—	—	—
Mayo	—	0,1	0,1	—	—	—
Junio	—	—	—	—	—	—
Julio	2,5	—	—	—	—	—
Agosto	—	15	—	—	—	—
Septiembre	—	3	—	—	—	—
Octubre	—	4	—	—	—	—
Noviembre	—	—	—	—	—	—
Diciembre	0,5	—	2	—	—	—
Año	26,2	105,2	126,7	75,5	102	121

C.—*Aguas superficiales del Salar de Bella Vista*

Datos obtenidos por el Dr. v. Arend.

NaCl.	50,8	Na ₂ B ₄ O ₇	0,46
MgO.	1,104	K ₂ SO ₄	4,54
CaO.	2,37		
		Total.	59,274

D.—*Aguas superficiales en el Salar de Bella Vista, en el ferrocarril a Cachango*

Datos obtenidos por el Dr. v. Arend.

	GRAMOS POR LITRO	
	I	II
NaCl.	131,03	93,33
Sulfatos totales como Na SO ₄	52,66	36,63
CaSO ₄	2,16	2,47
MgSO ₄	5,52	4,26
K ₂ SO ₄	13,99	9,74
Na ₂ SO ₄	32,46	21,06

E.—*Aguas dulces de Profundidad del Salar de Bella Vista*

Datos obtenidos por el Dr. v. Arend.

	Lagunas	Brac
	GRAMOS POR LITRO	
Residuo a 130°.	0,8072	0,7920
Pérdida por calcinación.	0,0732	0,0336
CaO.	0,0332	0,0566
MgO.	0,0073	0,0133
Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃	0,0132	0,0036
SiO ₂	0,0316	0,0704
SO ₃	0,1510	0,0135
Cl.	0,2000	0,1900
nitratos.	indicios	indicios

F.—*Agua en un pozo de la Oficina Vergara, Antofagasta*

Esta composición es característica para las aguas subterráneas muy saladas en los bolsones de la Cordillera de la Costa. Llama la atención la alta ley en sílice.

Temperatura 19°. Peso específico 1,004.

	grs. por litro
Sustancias en suspensión.	0,049
Cloruros.	6,00
SO ₃	1,860
SiO ₂	0,630
Fe ₂ O ₃ y Al ₂ O ₃	indicios
CaO.	1,58
MgO.	0,414
Residuo.	10,533

APENDICE III

LLUVIAS EN LA ALTA CORDILLERA DE TARAPACÁ

Datos del Departamento de Riego, Sección de Hidrometría.

1) *Chuzmiza*.—Latitud: 19°41'. Altura: 3,360 m.

	1929	1930	1931 milímetros	1932	1933	1934
Enero.....	12,2	100,3	105,3	81,0	—	65,0
Febrero.....	9,6	25,2	24,5	60,0	94,0	32,0
Marzo.....	24,2	7,3	145,7	13,2	42,0	43,0
Abril.....	—	—	1,0	—	—	—
Mayo.....	—	4,9	2,6	—	—	—
Junio.....	—	—	—	—	—	—
Julio.....	—	—	—	5,0	—	6,0
Agosto.....	—	53,0	—	—	4,0	7,0
Septiembre.....	—	3,8	0,8	—	—	—
Octubre.....	—	28,5	—	1,0	—	—
Noviembre.....	—	—	—	—	—	—
Diciembre.....	5,0	—	14,0	—	0,3	2,0
Año.....	51,0	223,0	294,0	160,0	140,0	155,0

2) *Cullanes*.—Latitud: 19°46'. Altura: 3,860 m.

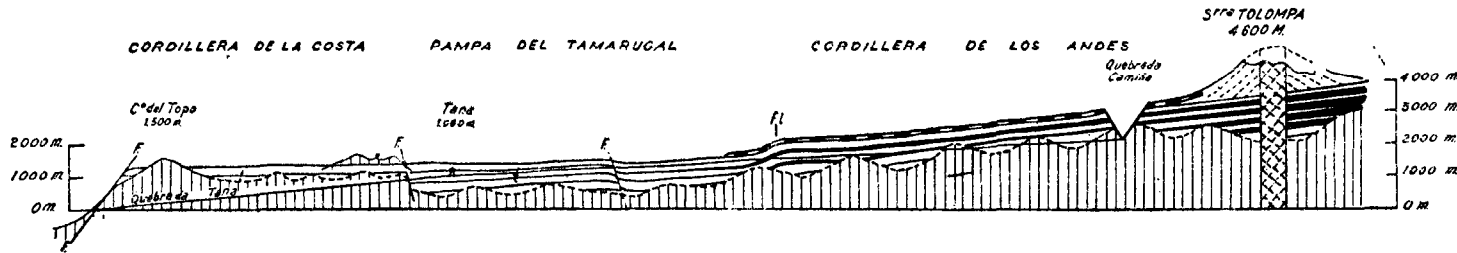
Enero.....	24,0	35,0	4,0	34,0
Febrero.....	14,	41	75	35
Marzo.....	25	24	59	11
Abril.....	8	—	—	2
Mayo.....	2	1	—	—
Junio.....	—	2	—	—
Julio.....	—	4	—	—
Agosto.....	—	—	—	3
Septiembre.....	1	—	—	—
Octubre.....	—	2	—	—
Noviembre.....	—	—	—	—
Diciembre.....	12	1	19	12
Año.....	86	110	157	97

3) *Poroma*.—Latitud: 19°53'. Altura: 2,829 m.

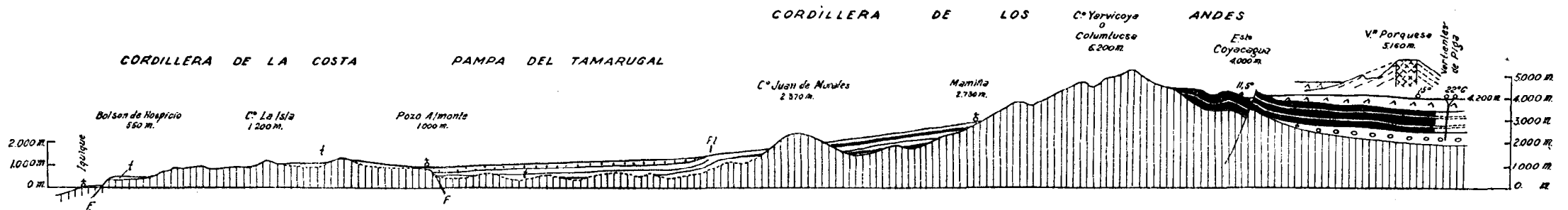
Enero	14,9	68,9	63,0	39	—	50
Febrero	3,9	7,7	1,6	33,5	60	21
Marzo	4,9	6,5	60	3	42	50
Abril	—	—	—	—	—	—
Mayo	—	0,1	0,1	—	—	—
Junio	—	—	—	—	—	—
Julio	2,5	—	—	—	—	—
Agosto	—	15	—	—	—	—
Septiembre	—	3	—	—	—	—
Octubre	—	4	—	—	—	—
Noviembre	—	—	—	—	—	—
Diciembre	0,5	—	2	—	—	—
Año	26,2	105,2	126,7	75,5	102	121

TRES PERFILES POR TARAPACA

PERFIL POR LA QUEBRADA DE TANA

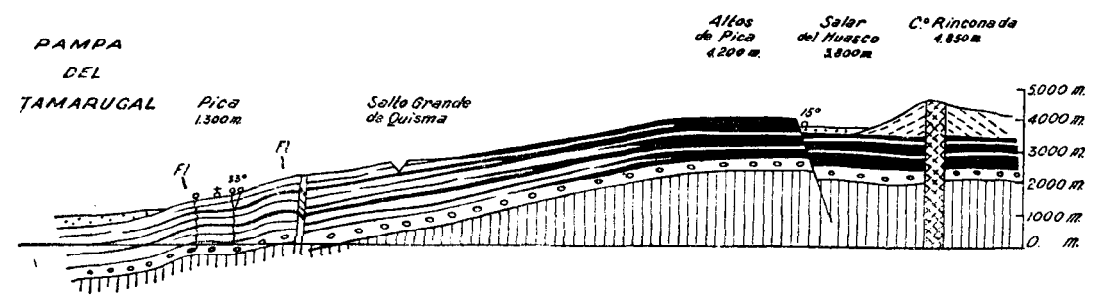


PERFIL DE IQUIQUE AL V° PORQUESA



0 10 20 30 Km. ESCALA VERTICAL = 2.5
ESCALA HORIZONTAL = 1

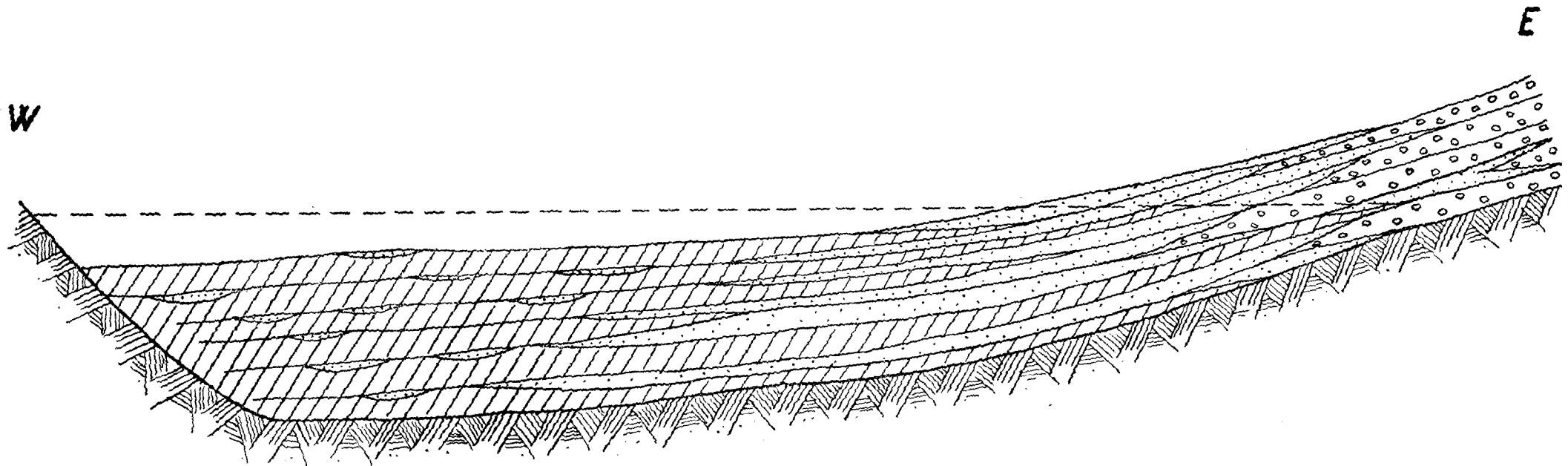
PERFIL POR LOS ALTOS DE PICA





- | | | |
|--------------------------------------|---|---------------|
| Relleno moderno | Sedimentos terciarios y (formación liparítica en parte) | F = Falla |
| Tobs liparíticas modernas | Lavas y tobas liparíticas | Fl = Flexura |
| Cenizas y escorias de Traquandesitas | Rodados (Capa acuífera de Pica) | o = Vertiente |
| Lava traquandesítica | Rocas mesozoicas fundamentales. | |


G. E. B. B. B.

PERFIL ESQUEMATICO POR EL RELLENO MODERNO DE LA PAMPA DEL TAMARUGAL




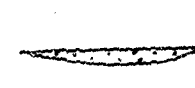
 Arcilla

 Rodados

 Nivel teórico de la presión artésiana

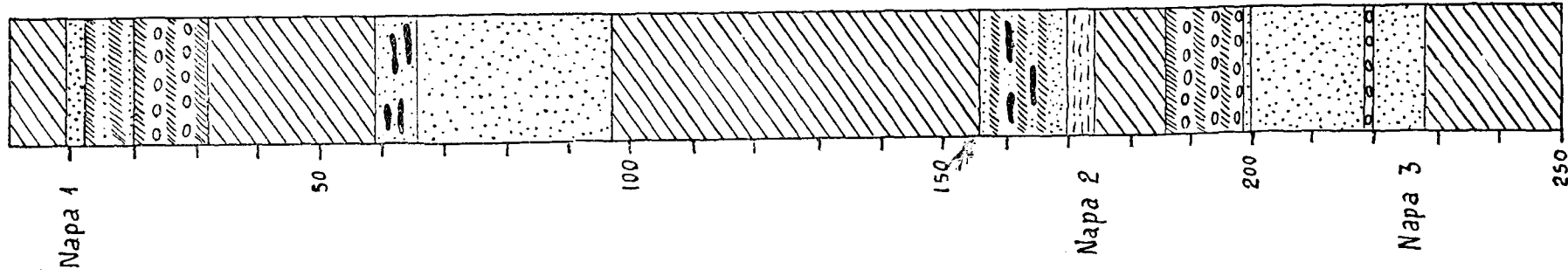
 Arena

 Base impermeable de rocas y del terciario

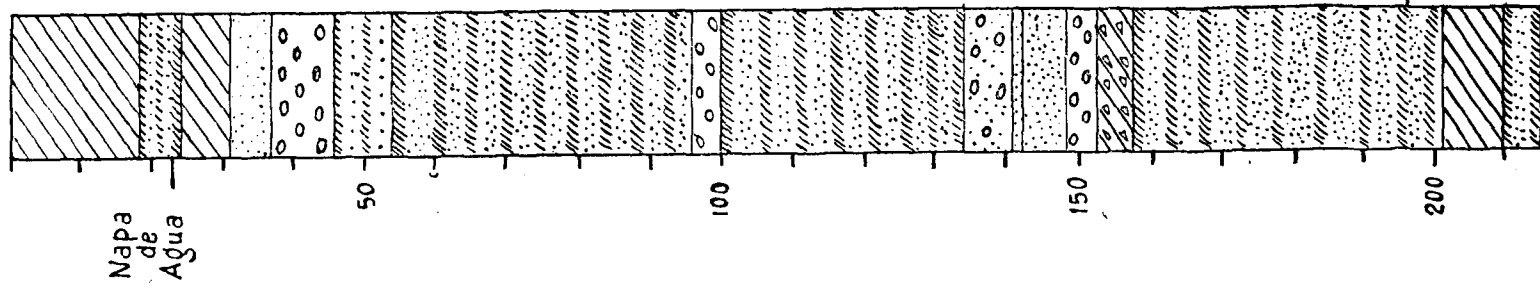
 Canales de agua subterránea

TRES PERFILES DE SONDAJES EN LA PAMPA DEL TAMARUGAL

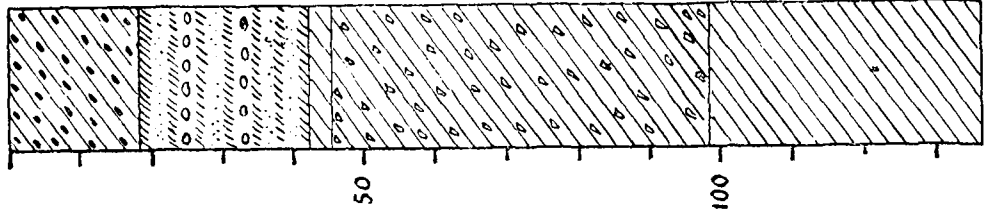
PINTADOS



LA TIRANA



POZO ALMONTE



LEYENDA

	Arcilla
	Alternación de arcillas y arenas
	Arenas de grano fino
	Arenas de grano grueso
	Rodados
	Piedras esquinadas
	Arcilla con piedrecitas o alternación de ambas
	Concreciones calcáreas